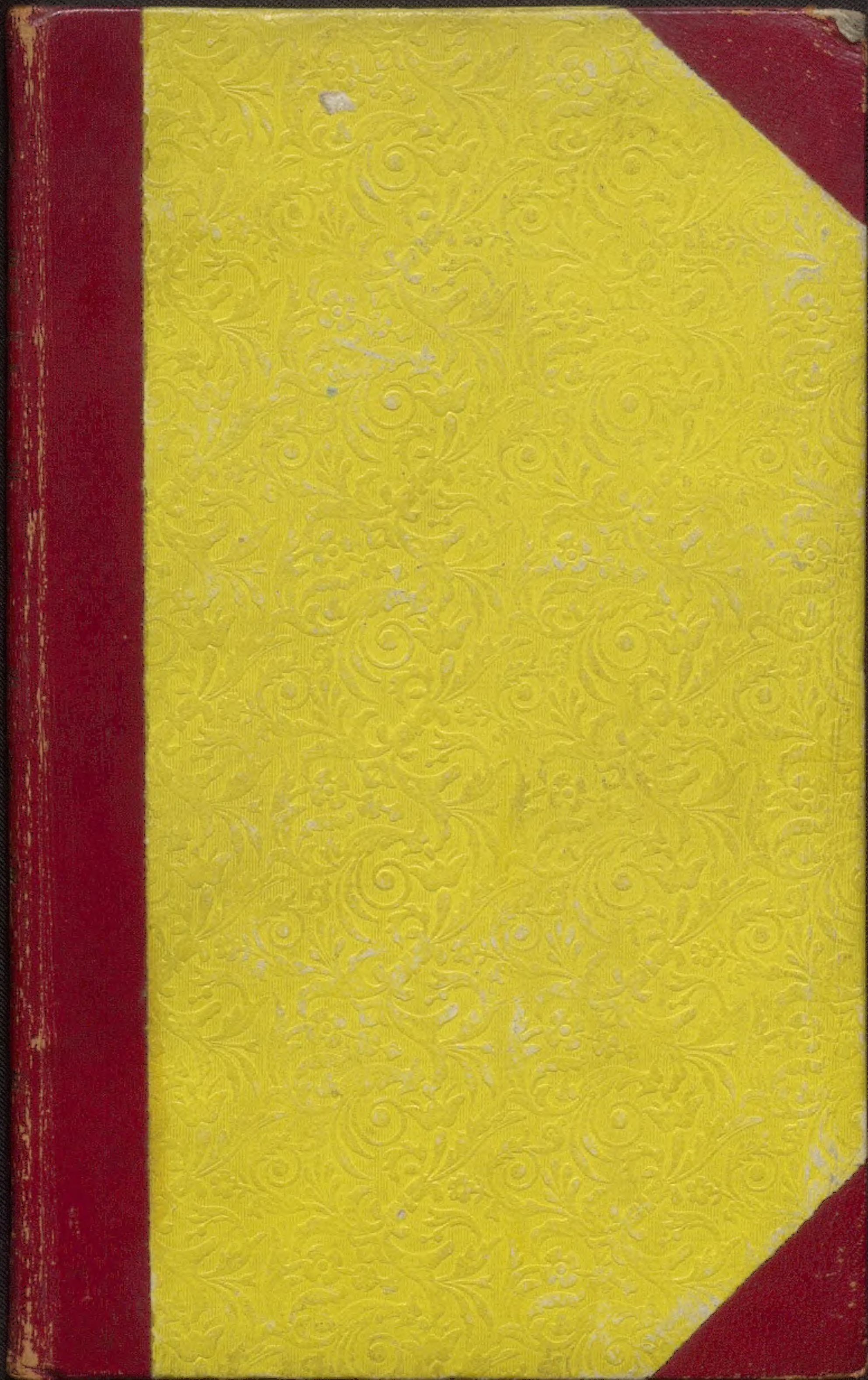




50
Акт № 1

17 сентября 1934

Индекс	HE	752	Шифр хранения
Авторский знак	2-С.37-Р		Инв. №

Возвратите книгу не позже указанного здесь срока

					V

Тип. Военмориздата. Зак. 1453—150000

Р. ~~1176~~ 1203

Н. ~~2967~~ 2956

Его Превосходительству

Милостивому Государю

Шану Феодоровичу

Кривенитеричу

Н 2497

935

Въ знакъ глубочайшаго
почтенія и искренной
душевной преданности

Отъ Сочинителя.

Проверено-85

РУКОВОДСТВО

КЪ

УМОЗРИТЕЛЬНОЙ АСТРОНОМІИ.

ПРОВЕРЕНА
1952 г.

Проверена-58 г.

ПРОВЕРЕНА-58

ПРОВЕРЕНО - 08

РУКОВОДСТВО

къ

УМОЗРИТЕЛЬНОЙ АСТРОНОМІИ

Ивана Симонова,

Профессора ИМПЕРАТОРСКАГО Казанскаго Универ-
ситета, Коллежскаго Совѣтника и Кавалера, ИМПЕ-
РАТОРСКОЙ С. Петербургской и Римской Академіи
Наукъ Корреспондента, ИМПЕРАТОРСКАГО Москов-
скаго Общества Испытателей Природы и многих дру-
гихъ Ученыхъ Обществъ Члена.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

УРАНОМЕТРІЯ.

КАЗАНЬ,

Въ Университетской Типографіи.

1832.



Печатано съ одобренія Совѣта **ИМПЕРА-**
ТОРСКАГО Казанскаго Университета и
съ разрѣшенія **Г. Министра Народнаго**
Просвѣщенія.

О
С
Л
О
В

О Г Л А В Л Е Н І Е.

Стран.

РУКОВОДСТВО КЪ УМОЗРИТЕЛЬ-
НОЙ АСТРОНОМІИ 5.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

Уранометрія 7.

ГЛАВА.

- I. Объ Астрономическихъ наимено-
ваніяхъ —
- II. Объ опредѣленіи положенія свѣ-
тилъ на сводѣ небесномъ . . . 19.
- III. Объ Астрономическомъ прелом-
леніи 27.
- IV. О параллаксѣ 39.
- V. О звѣздныхъ каталогахъ и объ
измѣненіяхъ положеній неподвиж-
ныхъ звѣздъ 67.

- VI. Объ упрежденіи равноденствен-
ныхъ почекъ и о колебаніи зем-
ной оси 86.
- VII. Объ опсупленіи свѣта . . . 104.
- VIII. О временахъ 115.
- IX. Объ опредѣленіи времени и о по-
вѣркѣ часовъ 123.
- X. Объ опредѣленіи высоты полю-
са изъ наблюденій 144.
- XI. Объ опредѣленіи Географической
долготы мѣста 193.



РУКОВОДСТВО

КЪ

УМОЗРИТЕЛЬНОЙ АСТРОНОМИИ.



Астрономія, обращая взоръ нашъ къ свѣ-
тиламъ небеснымъ, показывая намъ различ-
ные способы опредѣлять ихъ положенія на
небесномъ сводѣ, время наблюдений и мѣсто
наблюдателя на земной поверхности; разма-
тривая движенія свѣтилъ, она научаетъ насъ
опредѣлять пути планетъ, кометъ и спутни-
ковъ, показывать явленія отъ различныхъ
движеній происходящія и находить видъ и
величину небесныхъ тѣлъ, и наконецъ, изы-
скивая источникъ всѣхъ небесныхъ явленій,
раскрываетъ предъ нами дѣйствіе силъ въ нашей
солнечной системѣ и всѣ послѣдствія ея.

Согласно съ сѣтъ Астрономію раздѣляютъ на три части: на *Сферическую Астрономію*, на собственно такъ называемую *Теоретическую Астрономію* и на *Физическую Астрономію*, которую Лапласъ назвалъ Небесною Механикою. Сѣи три части можно короче и приличнѣе названъ: первую — *Уранометріей*, вторую — *Уранографіей*, а третью — *Уранономіей*.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

УРАНОМЕТРІЯ.

Уранометрія, или Сферическая Астрономія научаетъ насъ опредѣлять положеніе свѣтилъ на небесномъ сводѣ, время наблюдений и мѣсто наблюдателя на земной поверхности, принимая въ разсужденіе одно только суточное движеніе земли.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

ОБЪ АСТРОНОМИЧЕСКИХЪ НАИМЕНОВАНІЯХЪ.

§ 1. Для удобства при опредѣленіи положеній свѣтилъ на небесномъ сводѣ, небо представляють въ видѣ шара, а чинобъ имѣть какое нибудь ограниченное пространство, въ отношеніи къ которому можнобъ было опредѣлять сіи положенія, видимое пространство небесной тверди пересѣкають, мысленно, многими плоскостями. Отъ пересѣченія сихъ плоскостей, какъ между собою, такъ и со сво-

домъ небеснымъ, происходятъ многія линіи и круги, а оныя пересѣченія оныхъ—почки. Смы плоскостямъ, угламъ между ими находящимся, линіямъ, кругамъ и точкамъ, а равнымъ образомъ и частямъ круговъ между главными почками заключающимся, даютъ различныя наименованія.

Таковыя Астрономическія наименованія можно раздѣлить на три рода: 1-е въ отношеніи къ глазу наблюдателя, 2-е въ отношеніи къ суточному обращенію земли и 3-е въ отношеніи къ годовому движенію оной.

1.) *Наименованія съ отношеніи къ глазу наблюдателя:*

а.) *Видимый горизонтъ* есть плоскость касательная къ земной поверхности въ той точкѣ, гдѣ находится наблюдатель; а параллельная съ оной плоскость, проходящая чрезъ центръ земли, называется *истиннымъ горизонтомъ*; всѣ же прочія плоскости, параллельныя съ сими двумя, именуются *алмиканта-рами*.

б.) Лінія, проходящая чрезъ мѣсто наблю-
денія перпендикулярно къ плоскости гори-
зонна, называється *вертикальною лінією*. Она
єсть продолженіе направленія на шикѣ новѣ-
шенной тяжести, или отвѣса.

в.) Точка, гдѣ сія лінія пересѣчетъ сводъ
небесной надъ головою наблюденія, назы-
вается *зенитомъ*; а противоположенная ей
подъ горизонтомъ — *надиромъ*.

г.) Кругъ, проходящій чрезъ зенитъ звѣзду
и надиръ, называється *кругомъ высотъ*, часть
оного отъ звѣзды до горизонта — *высотю*
звѣзды; а дуга, заключающаяся между звѣздою
и зенитомъ, именується *отстояніемъ звѣзды*
отъ зенита. Обѣ сіи части круга высотъ,
вмѣстѣ взятыя, равны четверти круга.

2.) *Наименованія въ отношеніи къ суточ-
ному обращенію земли:*

а.) Лінія, около которой земля обращается
при суточномъ движеніи, называється *осью зем-
ли*; а точки, гдѣ сія ось пересѣкаетъ сводъ
небесный — *полюсами зѣра*. Полюсъ возвышен-

ный, въ нашихъ странахъ, надъ горизонтомъ, называется *сѣвернымъ*, а противоположный ему, который должно предполагать подъ горизонтомъ — *южнымъ*.

б.) Большой кругъ, происходящій отъ пересѣченія небеснаго свода съ плоскостью, проходящею чрезъ центръ земли перпендикулярно къ оси, называется *экваторомъ*; а малые круги, начерченные на сводѣ небесномъ, параллельно съ экваторомъ, именуемые *параллельными кругами*.

в.) Пересѣченіе экватора съ истиннымъ горизонтомъ, на той сторонѣ, гдѣ звѣзды восходятъ, называется *востокомъ*, а пересѣченіе сихъ круговъ тамъ, гдѣ звѣзды заходятъ, именуется *западомъ*.

г.) Большой кругъ, происходящій отъ пересѣченія небеснаго свода съ плоскостью, проходящею чрезъ полюсы и зенитъ, называется *меридіаномъ*; а пересѣченіе плоскости меридіана съ плоскостью горизонта именуется *полуденною линіею*.

д.) Конецъ полуденной линіи, лежащій къ

Сѣверному полюсу, называется *сѣверомъ*, а противоположный оному — *югомъ*.

с.) Большой кругъ, происходящій отъ пересѣченія небеснаго свода съ плоскостью, проходящею чрезъ оба полюса и звѣзду, называется *кругомъ склоненія*. Часнь онаго отъ звѣзды до экватора именуется *склоненіемъ*; а другая, отъ звѣзды до полюса — *отстояніемъ отъ полюса*. Склоненія бываютъ *сѣверныя* и *южныя*, смотря по тому на сѣверномъ или южномъ полушаріи звѣзда находится. Первые полагаются положительными, а послѣднія отрицательными.

ж.) Уголъ при зенитѣ, заключающійся между меридіаномъ и кругомъ высотъ, называется *азимутомъ*.

з.) Уголъ при полюсѣ, заключающійся между меридіаномъ и кругомъ склоненія, называется *часовымъ угломъ*.

и.) Уголъ при звѣздѣ, заключающійся между кругомъ склоненія и кругомъ высотъ, именуется *угломъ измененія*.

з.) *Наименованія въ отношеніи къ годовому движенію земли:*

а.) Въ теченіи года земля движется около солнца по кривой линіи, лежащей на плоскости, которая проходитъ чрезъ центръ солнца; но намъ кажется, что солнце совершаетъ сіе движеніе около земли въ противоположную сторону. Путь сего, видимаго солнечнаго движенія, или, правильнѣе сказать, большой кругъ, происходящій отъ пересѣченія свода небснаго съ плоскостью сего пути, называется *еклиптикою*. Она наклонена къ экватору подъ угломъ $23^{\circ} 28'$, который называется *косеиностію еклиптики*, или просто *наклоненіемъ еклиптики къ экватору*.

б.) Точки, гдѣ солнце, какъ намъ кажется, всходитъ на экваторъ, то есть точки пересѣченія еклиптики съ экваторомъ называются *равноденственими*, потому что въ сіе время на всемъ земномъ шарѣ день бываетъ равенъ ночи. Та изъ сихъ точекъ, на которую солнце, всходя, переходитъ на сѣверное полушаріе,

именуется *весеннимъ равноденствіемъ*, а противоположная ей, гдѣ солнце переходитъ изъ сѣвернаго полушарія въ южное, называется *осеннимъ равноденствіемъ*; линія же пересѣченія плоскости эклиптики съ плоскостью экватора, которая соединяетъ обѣ сіи точки, есть *равноденственная линія*.

в.) Точки эклиптики, самыя отдаленныя отъ экватора, называются *точками солнцестоянія*, потому что солнце прежде удалявшееся отъ экватора, вступивъ въ сіи точки, начинаетъ опять приближаться къ оному и, кажется, какъ будто останавливается на нѣсколько дней, не измѣняя своего склоненія. По той же причинѣ параллельные круги проходящіе чрезъ сіи точки именуются *поворотными кругами*, или *тропиками*. Сѣверный поворотный кругъ называется *тропикомъ рака*, а южный—*тропикомъ козерога*. Отъ получили сіи названія отъ созвѣзій, въ которыхъ нѣкогда солнце находилось во времена поворота.

г.) Точки, въ конхъ линія, перпендикуляр-

ная къ плоскости эклиптики и проходящая чрезъ центръ земли, пересѣкаетъ сводъ небесный, называющіеся *полюсами эклиптики*; ихъ два: *сѣверный и южный*.

д.) Малые круги, параллельные съ экваторомъ и проходящіе чрезъ полюсы эклиптики, называющіеся *полярными кругами*. Сѣверный именуется *арктическимъ*, а южный—*антиарктическимъ*.

е.) Большой кругъ, происходящій отъ пересѣченія небеснаго свода съ плоскостью, проходящею чрезъ полюсы эклиптики и чрезъ звѣзду, называющіеся *кругомъ широтъ*; а часть онаго, заключающаяся между звѣздою и эклипкой—*широюю звѣзды*. Широты, также какъ и склоненія бывають *сѣверныя и южныя* и также принимающіеся, первыя положительными, а послѣднія отрицательными.

(ж.) Дуга эклиптики, идущая къ востоку отъ весенняго равноденствія до круга широтъ, есть *долгота*; а дуга экватора, идущая къ востоку отъ весенняго равноденствія

вія до круга склоненія, єсть *прямое восхожденіє*.

з.) Круги склоненія, проходящіє чрезъ точки равноденствія и солнцестоянія называються *колорами*.

и.) Уголъ при звѣздѣ, заключающійся между кругомъ широтъ и кругомъ склоненія, называється *угломъ положенія*; а уголъ при звѣздѣ, заключающійся между кругомъ широтъ и кругомъ высотъ именується *параллактическимъ угломъ*.

§ 2. Все сіє гораздо яснѣе можно видѣти на фигурѣ. Пустъ будемъ (*фиг. 1*) Z зенитъ; P сѣверный полюсъ экватора AQ ; E полюсъ еклинники CL ; R , A , H югъ, западъ, сѣверъ на горизонтѣ HR , S звѣзда, то если проведемъ дуги, круга высотъ ZSh ; круга склоненія PSd ; круга широтъ ESb , перпендикулярныя къ HR , AQ , LC , будемъ

Sh высота звѣзды,
 SZ отстояніе отъ зенита,
 Sd склоненіє,
 SP отстояніє отъ полюса,

Sb широта,
 Vd прямое восхожденіе,
 Vb долгота,
 $SZR = hR$ азимутъ,
 $SPZ = dQ$ часовой уголъ,
 PSE уголъ положенія,
 PSZ уголъ измѣненія,
 ESZ параллктический уголъ,
 CVQ наклоненіе эклиптики къ экватору.

Изъ той же фигуры ясно увидимъ, что высота полюса $PH = 90^\circ - PZ = ZQ$, но ZQ есть опущеніе зенита отъ экватора, следовательно заключаетъ въ себѣ такое же число градусовъ, какъ и дуга на поверхности земнаго шара, заключающаяся между мѣстомъ наблюденія и экваторомъ, что въ Географіи обыкновенно называютъ *широю мѣста*. Чтобы отличить сію широту отъ Астрономической широты звѣзды, мы будемъ называть ее Географическою широтою. И такъ Географическая широта равна высотѣ полюса.

Дуга PE , равна наклоненію эклиптики къ экватору: ибо изъ фиг. 2, гдѣ P полюсъ экватора Qq , E полюсъ эклиптики Cc и S

звѣзда, увидимъ, что $PE = 90^\circ - PC = CQ$, но какъ въ сей фигурѣ дуги VQ и VC равны четвертинѣ круга; слѣдовательно дуга CQ измѣряетъ уголъ QVC , т. е. наклоненіе склинишки къ экватору. Изъ сей же фигуры докажемъ, что уголъ, заключающійся между кругомъ склоненія и колоромъ солнцестоянія, $SPE = qd = qV + Vd = 90^\circ + Vd$, т. е. SPE равенъ четвертинѣ круга, сложенной съ прямымъ восхожденіемъ; а уголъ, заключающійся между кругомъ широты и тѣмъ же колоромъ солнцестоянія, $SEP = bC = VC - Vb = 90^\circ - Vb$, т. е. уголъ SEP равенъ четвертинѣ круга безъ долготы.

§ 5. Въ фигурѣ 1-й два сферическіе треугольника PSZ и ESP заключаютъ въ себѣ почти всѣ главныя части Сферической Астрономіи. Сферическая Тригонометрія подаетъ намъ способъ разрѣшать сіи треугольники, но если, изъ несконечнаго числа частей каждого изъ нихъ находить при неизвѣстныхъ по шремъ даннымъ. Къ сему въ особенности служатъ четыре главныя формулы Сферической Тригонометріи, и попомъ формулы Гауса и Шеннера.

Если мы положимъ, что a, b, c будутъ стороны сферическаго треугольника, A, B, C противоположенные имъ углы; то четыре главныя уравненія будутъ :

$$1) \cos. A \sin. b \sin c + \cos b \cos c - \cos a = 0$$

$$2) \sin A \sin b - \sin B \sin a = 0$$

$$3) \cot A \sin C - \cot a \sin b + \cos C \cos b = 0$$

$$4) \cos a \sin B \sin C - \cos B \cos C - \cos A = 0$$

Гаузовы уравненія суть :

$$\cos \frac{1}{2}(A+B) \cos \frac{1}{2}c = \cos \frac{1}{2}(a+b) \sin \frac{1}{2}C$$

$$\sin \frac{1}{2}(A+B) \cos \frac{1}{2}c = \cos \frac{1}{2}(a-b) \cos \frac{1}{2}C$$

$$\cos \frac{1}{2}(A-B) \sin \frac{1}{2}c = \sin \frac{1}{2}(a+b) \sin \frac{1}{2}C$$

$$\sin \frac{1}{2}(A-B) \sin \frac{1}{2}c = \sin \frac{1}{2}(a-b) \cos \frac{1}{2}C$$

Непперовы Уравненія суть :

$$\tan \frac{1}{2}(A+B) \tan \frac{1}{2}C = \cos \frac{1}{2}(a-b) : \cos \frac{1}{2}(a+b)$$

$$\tan \frac{1}{2}(A-B) \tan \frac{1}{2}C = \sin \frac{1}{2}(a-b) : \sin \frac{1}{2}(a+b)$$

$$\tan \frac{1}{2}(a+b) \cot \frac{1}{2}c = \cos \frac{1}{2}(A-B) : \cos \frac{1}{2}(A+B)$$

$$\tan \frac{1}{2}(a-b) \cot \frac{1}{2}c = \sin \frac{1}{2}(A-B) : \sin \frac{1}{2}(A+B)$$

ГЛАВА ВТОРАЯ.

О вѣ опредѣленіи положенія свѣ-
тилъ на сводѣ небесномъ.

§ 4. Положеніе свѣтилъ на небесномъ сво-
дѣ опредѣляется, или въ отношеніи къ эква-
тору чрезъ склоненіе и прямое восхожденіе,
или въ отношеніи къ эклиптикѣ чрезъ ши-
роту и долготу; но наблюденія даютъ непо-
средственно только первыя двѣ величины, а
послѣднія опредѣляются изъ оныхъ вычисле-
ніемъ. Астрономическая практика показыва-
етъ многіе способы для опредѣленія склоне-
нія и прямого восхожденія, и многіе изобре-
щены для сего инструменты; но высоты и
время наблюденія оныхъ суть главныя для
сего основанія. Самый простѣйшій, и, можно
сказать, самый точный способъ опредѣлять
положеніе въ отношеніи къ экватору есть
наблюденіе высотъ меридіональныхъ и времени
прохожденій чрезъ меридіанъ. Первыя даютъ
склоненія, а послѣднія прямыя восхожденія.

Звѣзды, коихъ отстояніе отъ полюса ме-
нѣе высоты онаго, или Геогр. широты мѣста,

никогда не заходитъ подъ горизонтъ, и слѣдовательно ихъ можно два раза наблюдать на меридіанѣ: надъ полюсомъ въ точкѣ N и подъ полюсомъ въ точкѣ N' (фиг: 1), таковыя звѣзды называются *близъ-полярными*. Наблюденіе двухъ меридіональныхъ высотъ оныхъ звѣздъ подаетъ весьма удобный и простой способъ находить означеніе ихъ отъ полюса и широту мѣста: ибо

$$HN = \varphi + p$$

$$\text{и } HN' = \varphi - p,$$

гдѣ φ высота полюса HP , а p отстояніе звѣзды отъ полюса $NP = N'P$; слѣдовательно широта мѣста $\varphi = \frac{1}{2}(HN + HN')$, а означеніе звѣзды отъ полюса $p = \frac{1}{2}(HN - HN')$; склоненіе же d получится изъ уравненія

$$d = 90^\circ - p = 90^\circ - \frac{1}{2}(HN - HN').$$

Для звѣзды M , которую можно наблюдать только одинъ разъ на меридіанѣ, по той причинѣ, что въ другой разъ она проходитъ чрезъ оной подъ горизонтомъ, получится

$$\varphi + p = HM = 180 - RM;$$

слѣдовательно, положивъ меридіанальную высоту $RM = H$, получимъ

$$p = 180^\circ - H - \varphi,$$

отстояніе отъ полюса; а склоненіе

$$d = 90^\circ - p = H + \varphi - 90^\circ,$$

если оно сѣверное; и

$$d = p - 90^\circ = 90^\circ - (H + \varphi),$$

если оно южное.

Здѣсь, какъ видно, нужно знать геогр. широту мѣста. Но если склоненіе, хотя одной звѣзды, извѣстно съ точностію, то склоненіе всѣхъ прочихъ можно сыскать по сравненію съ оной: ибо если положимъ, что d и H будутъ склоненіе и меридіональная высота одной звѣзды, d' и H' склоненіе и меридіональная высота другой звѣзды, φ геогр. широта мѣста наблюденія; то будетъ

$$d = H + \varphi - 90^\circ,$$

$$d' = H' + \varphi - 90^\circ,$$

и слѣдовательно

$$d - d' = H - H',$$

то есть, *разность склоненій равняется разности меридіональных высотъ*. Для звѣздъ, кои проходятъ чрезъ меридіанъ между полюсомъ и зенитомъ, надобно взять вмѣсто меридіональной высоты дополненіе оной до 180° .

§ 5. Равномѣрность суточного обращенія земли подаеиъ весьма легкой способъ опредѣляиъ прямое возхожденіе звѣздъ. Въ слѣдствіе сего движенія намъ кажется, что весь небесный сводъ обращается около оси міра съ равномѣрною скоростію, а вмѣстѣ съ нимъ и всѣ звѣзды, какъ будто укрѣпленныя на сводѣ небесномъ—такъ, что каждая изъ нихъ описываетъ круги параллельные экватору и употребляетъ одинакое время отъ одного вступленія на меридіанъ до другаго вступленія на той же сторонѣ онаго. Время сіе Астрономы раздѣляютъ на 24 часа и называютъ звѣзднымъ днемъ. И такъ всѣ точки экватора, заключающія въ себѣ 360° , пройдутъ чрезъ меридіанъ въ 24 часа; слѣдовательно 15° въ одинъ часъ звѣзднаго времени. Сіе показываетъ, что разности времени прохожденія чрезъ меридіанъ двухъ звѣздъ, приведенная въ градусы, полагая на каждый часъ 15° , даетъ дугу экватора, заключающуюся между кругами склоненія сихъ двухъ звѣздъ и равную разности ихъ прямыхъ восхожденій. Такъ какъ дуга сія измѣряетъ уголъ при полюсѣ, заключающійся

между кругами склоненія, то ясно усмотрѣнь можно, что часовой уголъ одной звѣзды, въ то время, когда другая находится на меридіанѣ, даетъ такъ же разность ихъ прямыхъ восхожденій; а часовой уголъ точки весенняго равноденствія даетъ самое прямое восхожденіе звѣзды проходящей чрезъ меридіанъ, если она восточнѣе оной точки или допущеніе прямого восхожденія до 360° , если звѣзда западнѣе равноденственной точки. Если наблюдатель имѣетъ вѣрные часы, идущія по звѣздному времени и поставленные такимъ образомъ, что они показываютъ, во время прохожденія чрезъ меридіанъ точки весенняго равноденствія, $0^h\ 0'\ 0''$; то время прохожденія звѣзды чрезъ меридіанъ, по симъ часамъ замѣченное и приведенное, въ градусы дастъ, непосредственно, прямое восхожденіе наблюдаемой звѣзды.

§ 6. Зная прямое восхожденіе и склоненіе α и δ свѣтила, уже легко будетъ сыскать его долготу и широту l и b , и изъ треугольника PES (фиг. 1 или 2) получится по первой формулѣ сферической тригонометріи

$$\sin b = \sin d \cos e - \sin a \cos d \sin e;$$

а по претвѣей формулѣ

$$\text{tang } l = \frac{\sin a \cos e + \text{tang } d \sin e}{\cos a}$$

гдѣ e есть наклоненіе экватора къ эклиптикѣ.

Такимъ же образомъ и наоборотъ, изъ долготы и широты найдемся прямое восхожденіе и склоненіе, и, изъ того же треугольника и по тѣмъ же формуламъ, будетъ

$$\sin d = \sin b \cos e + \sin l \cos b \sin e$$

$$\text{и } \text{tang } a = \frac{\sin l \cos e - \text{tang } b \sin e}{\cos l};$$

а для проверки вычисленія получится по второй формулѣ сферической тригонометріи

$$\cos a \cos d = \cos l \cos b.$$

Такъ какъ предыдущія четыре формулы неудобны для логарифмическихъ вычисленій, то они могутъ быть приведены въ слѣдующія:

$$\sin b = \frac{\sin d}{\cos x} \cos (x + e)$$

$$\text{tang } l = \frac{\text{tang } a}{\sin x} \sin (x + e)$$

$$\text{гдѣ} \quad \text{tang } x = \sin \alpha \cotg d$$

$$\text{и} \quad \sin d = \frac{\sin b}{\cos \gamma} \cos (\gamma - e)$$

$$\text{tang } \alpha = \frac{\text{tang } l}{\cos \gamma} \sin (\gamma - e),$$

$$\text{гдѣ} \quad \text{tang } \gamma = \sin l \cotg b.$$

Солнце всегда находится на плоскости эклиптики, следовательно широта сего свѣтила равняется полю, а посему и получившея для оного

$$\text{tang } d = \sin \alpha \text{ tang } e$$

$$\sin d = \sin l \sin e$$

$$\text{tang } \alpha = \text{tang } l \cos e.$$

§ 7. Такимъ образомъ опредѣляется положеніе свѣтила въ отношеніи къ экватору и эклиптики; но надобно замѣнить, что высоты неподвижныхъ звѣздъ и высоты солнца, луны и планетъ измѣряются различнымъ образомъ. Неподвижныя звѣзды представляются въ трубѣ блестящими точками, а другія небесныя тѣла въ видѣ свѣтлыхъ круглыхъ пятенъ, имѣющихъ опредѣленные діаметры, по чему и нельзя наблю-

дать непосредственно центръ ихъ. На сей конецъ измѣряють высоты верхняго или нижняго края, а потомъ вынимають или прикладываютъ уголъ, состояющійся при глазѣ линіями зрѣнія, отъ центра и отъ края сихъ свѣтилъ къ глазу идущими. Углы сии въ Астрономіи обыкновенно называются поперечниками свѣтилъ. Сверхъ сихъ поправокъ въ наблюдаемыхъ высотахъ, встрѣчающія двѣ другія неправильности. Первая происходитъ отъ преломленія лучей свѣта въ нашей атмосферѣ, и называется *Астрономическимъ преломленіемъ*: она принадлежитъ ко всѣмъ вообще свѣтиламъ. Другая неправильность происходитъ отъ того, что наблюдатель находится не въ центрѣ земнаго шара, а на поверхности онаго, и называется *параллаксомъ*: она принадлежитъ только къ свѣтиламъ близкимъ къ землѣ, какъ то: къ Солнцу, Лунѣ, планетамъ и спутникамъ ихъ; что же касается до неподвижныхъ звѣздъ, то безпредѣльное удаленіе ихъ отъ земли дѣлаетъ неправильность сію совершенно для насъ нечувствительною.

ГЛАВА ТРЕТІЯ.

Объ Астрономическомъ преломленіи.

§ 8. Опыты физиковъ показываютъ, что лучи свѣта, переходя изъ одной матеріи въ другую, различной съ первою плотности, перемѣняютъ свое направленіе. Явленіе сіе совершается такимъ образомъ, что если чрезъ точку, въ коей лучъ переходитъ изъ матеріи въ матерію, проведемъ линію перпендикулярную къ поверхности отдѣляющей объ матеріи; то лучъ, переходя изъ рѣдчайшей матеріи въ плотнѣйшую, приближается къ перпендикулу; а лучъ, переходящій изъ плотнѣйшей матеріи въ рѣдчайшую, удаляется отъ онаго.

Снелліусъ и Декартъ открыли, что синусъ угла паденія, т. е. угла, заключающагося между лучемъ падающимъ и перпендикуломъ, содержится къ синусу угла преломленія, т. е. угла, заключающагося между лучемъ преломленнымъ и перпендикуломъ, какъ постоянныя величины.

§ 9. Такъ какъ лучъ свѣтила, вошедъ въ земную атмосферу, долженъ пройти слою разной различной плоскости, которая увеличивается по мѣрѣ приближенія слоя къ земной поверхности, то лучъ сей непременно долженъ описать кривую линію: ибо плотнѣйшіе слои атмосферы, приближая оный къ нормалу своей поверхности, болѣе и болѣе отклоняютъ его отъ прямого пути. Такимъ образомъ мы видимъ свѣтила по касательной линіи къ кривой, представляющей путь луча преломленнаго у каждаго слоя; слѣдовательно преломленіе увеличивается высоты свѣтилъ; но какъ мы не знаемъ ни высоты атмосферы, ни законовъ измѣненія ея плотности, то и не возможно съ точностію вычислять дѣйствіе преломленія на положеніе свѣтилъ. Кассини прибѣгнулъ къ приближенію и, принявъ плотность атмосферы послойною и среднюю, вывелъ приближенную формулу, по коей дѣйствіе сіе вычисляется съ доспашочною точностію.

§ 10. Положимъ, что $СА$ будетъ полуперечникъ земнаго шара, AB высота, которую бы приняла атмосфера земли, имѣя вездѣ по-

стоянную среднюю плотность, и пусть лучъ, идущій отъ звѣзды S , переломясь въ точкѣ D , достигнетъ глаза наблюдателя въ точкѣ A , такъ, что наблюдатель будетъ видѣть звѣзду сію по направленію ADS' въ точкѣ S' , то будетъ SAZ истинное, а $S'AZ$ видимое отстояніе звѣзды отъ зенита: разность сихъ угловъ есть то, что Астрономы называютъ *Астрономическимъ преломленіемъ*, и что намъ опредѣлить надлежитъ. Положимъ, что видимое отстояніе отъ зенита будетъ N' , Астрономическое преломленіе r , то истинное отстояніе отъ зенита будетъ $N' - r$. Пусть еще y' будетъ уголъ паденія SDE , а y уголъ преломленія $ADC \equiv S'DE$, то, по упомянутому въ § 8 закону преломленія лучей, получимъ

$$\sin y' \equiv m \sin y,$$

гдѣ m постоянная величина;

Астрономическое же преломленіе

$$\begin{aligned} r &\equiv SDS' - ASD \\ &\equiv y' - y - ASD, \end{aligned}$$

но какъ уголъ ASD бесконечно малъ, то безъ всякой ошибки можно положить $r \equiv y' - y$.

Такимъ образомъ получимъ

$$\sin (y+r)=m \sin y,$$

откуда найдемъ

$$\frac{\sin (y+r)-\sin y}{\sin (y+r)+\sin y}=\frac{m-1}{m+1}$$

и
$$\operatorname{tang} \frac{1}{2} r=\frac{m-1}{m+1} \operatorname{tang} (y+\frac{1}{2} r).$$

Если положимъ

$$N-y-\frac{1}{2} r=x,$$

то будемъ

$$\operatorname{tang} \frac{1}{2} r=\frac{m-1}{m+1} \operatorname{tang} (N-x).$$

И такъ теорія Кассини привела насъ къ уравненію, изъ котораго видно, что тангенсъ половины астрономическаго преломленія пропорціаленъ постоянной величинѣ, помноженной на тангенсъ видимаго отклоненія отъ зенита, уменьшеннаго измѣняющейся величиной, которая зависить отъ самаго искомаго преломленія. Если мы положимъ, что $x=qr$, то уравненіе приметъ слѣдующую форму:

$$\operatorname{tang} \frac{1}{2} r=\frac{m-1}{m+1} \operatorname{tang} (N-qr),$$

или, такъ какъ r весьма малая величина

$$r = p \operatorname{tang} (N - qr),$$

гдѣ
$$p = 2 \frac{m-1}{m+1}.$$

q можно принять, съ достаточною точностію, за постоянную, и тогда преломленіе будетъ зависѣть отъ двухъ постоянныхъ p и q , кои опредѣляются изъ наблюдений.

§ 11. Брайлей предположилъ $p = 57''$, а $q = 3$ и далъ безъ доказательства формулу

$$r = 57'', \operatorname{tang} (N - 3r);$$

а Делаамбръ, слѣдуя предположенію Кассини, нашелъ $p = 58'',7265$, а $q = 1,6081$: надобно однакожъ замѣнить, что множитель q , въ способѣ Кассини, не есть совершенно постоянная величина и можетъ быть принята таковою только для высотъ болѣе 12° ; близъ же горизонта она чувствительно измѣняется: это одна изъ причинъ, почему преломленія близъ горизонта не могутъ быть вычислены съ точностію.

§ 12. Сіе предположеніе давно оставлено и

замѣнено другимъ, гдѣ предполагается прелом-
лящая сила постоянной во всемъ простран-
ствѣ атмосферы: основываясь на семъ послед-
немъ, Симсонъ, Босковичъ и Дюсежуръ разны-
ми путями нашли слѣдующую формулу:

$$m \sin N = \sin (N - nr),$$

гдѣ m и n суть постоянныя величины.

§ 13. Сии два предположенія мало, однакожъ,
разнятся между собою, и приводятъ къ одно-
му заключенію.

Въ самомъ дѣлѣ, если мы возьмемъ изъ по-
слѣдняго уравненія

$$\frac{\sin N - \sin (N - nr)}{\sin N + \sin (N - nr)} = \frac{1 - m}{1 + m},$$

то получимъ

$$\operatorname{tang} \frac{1}{2} nr = \frac{1 - m}{1 + m} \operatorname{tang} (N - \frac{1}{2} nr),$$

что имѣетъ такой же видъ, какъ и фор-
мула

$$r = p \operatorname{tang} (N - qr)$$

§ 14. Если назовемъ буквою R Астрономи-

ческое преломленіе звѣзды, находящейся на горизонтѣ, которое обыкновенно называется *горизонтальнымъ преломленіемъ*, по изъ уравненія

$$\operatorname{tang} \frac{1}{2} nr = \frac{1-m}{1+m} \operatorname{tang} (N - \frac{1}{2} nr)$$

получимъ,

$$\frac{1-m}{1+m} = \operatorname{tang}^2 \frac{1}{2} nR;$$

слѣдовательно

$$\operatorname{tang} \frac{1}{2} nr = \operatorname{tang}^2 \frac{1}{2} nR \operatorname{tang} (N - \frac{1}{2} nr),$$

откуда сыщется

$$\operatorname{tang} \frac{1}{2} nr = \frac{\cot N}{2 \cos^2 \frac{1}{2} nR} \left[(1 + \sin^2 nR \operatorname{tang}^2 N)^{\frac{1}{2}} - 1 \right]$$

и, положивъ

$$\sin nR \operatorname{tang} N = \operatorname{tang} x,$$

найдемъ

$$\operatorname{tang} \frac{1}{2} nr = \operatorname{tang} \frac{1}{2} nR \operatorname{tang} \frac{1}{2} x$$

III

$$r = R \operatorname{tang} \frac{1}{2} x.$$

§ 15. Формула сія дастъ способъ опредѣлить постоянныя величины n и R , если известны изъ наблюдений двѣ величины аспрономического предложенія r и r' , при двухъ постоянныхъ отъ зенита, N и N' , одной или разныхъ звѣздъ; тогда изъ уравненій

$$r = R \operatorname{tang} \frac{1}{2} x, \operatorname{tang} x = \sin nR \operatorname{tang} N$$

$$r' = R \operatorname{tang} \frac{1}{2} x', \operatorname{tang} x' = \sin nR \operatorname{tang} N'$$

получится для опредѣленія величины R слѣдующая формула,

$$R^2 = rr' \left\{ \frac{r' \operatorname{tang} N' - r \operatorname{tang} N}{r \operatorname{tang} N' - r' \operatorname{tang} N} \right\}.$$

Теперь, зная R изъ четырехъ предыдущихъ уравненій, легко найдутся x и x' и величина nR , а слѣдовательно и n . Сія задача разрѣшилась, какія бы не были величины r и r' ; но всего легче, еслили одна изъ звѣздъ возмется на горизонтѣ; слѣдовательно, если одно преломленіе, на примѣръ r' , будетъ горизонтальное, и равно R , то

$$\operatorname{tang} \frac{1}{2} x' = 1, \operatorname{tang} \frac{1}{2} x = \frac{r}{R} \quad \text{и}$$

$$\sin nR = \operatorname{tang} x \cot N = \frac{2 R r \cot N}{(R+r)(R-r)}.$$

§ 16. До сихъ поръ мы разсматривали дѣйствіе преломленія лучей при одинаковой плотности воздуха, но плотность сія измѣняется отъ различной теплоты и упругости онаго, слѣдовательно при вычисленіи преломленія надобно обращать вниманіе на сіе измѣненіе. Астрономы опредѣляютъ постоянныя величины m и n для какой нибудь опредѣленной теплоты и упругости воздуха, примѣченныхъ на термометрѣ и барометрѣ, и преломленіе, найденное съ сими данными по вышензложеннымъ формуламъ, называютъ среднимъ преломленіемъ; послѣ сего, для всякой другой температуры воздуха и высоты Барометра, вычисляютъ поправку, которая находится слѣдующимъ образомъ:

Положимъ, что δ есть плотность воздуха при среднемъ преломленіи и пусть она, во время наблюденія, для коего вычисляется преломленіе, сдѣлалась δ' . Опытами доказано, что преломленіе пропорціонально плотности воздуха; слѣдовательно мы получимъ пропорцію

$$r : r + dr = \delta : \delta',$$

гдѣ γ преломленіе среднее, а $d\gamma$ измѣненіе онаго при измѣненіи плотности воздуха.

Физики доказали опытами, что при одинаковой температурѣ воздуха и при разномъ давленіи онаго, плотность пропорціональна давленію (*), а при одинаковомъ давленіи и при разной температурѣ плотность сія обратно пропорціональна объему, въ коемъ воздухъ заключается. Въ послѣднемъ случаѣ Гей-Лусакъ показалъ, что единица объема воздуха при 0° температуры, для сохраненія того же давленія, должна быть увеличена, на всякой градусъ соотвѣстнаго термометра, на 0,00375; слѣдовательно для x градусовъ объемъ сей долженъ быть $1 + 0,00375 x$ (**).

Если, основываясь на сихъ законахъ, положимъ, что постоянныя величины въ формулахъ преломленія опредѣлены для высоты Барометра B и для температуры t , и что, во время наблюденія, первая возрасла на величину dB ,

(*) Законъ Мариотта.

(**) Mécanique céleste T. IV livre X, Chap. 9.

а послѣдняя на dt : то, такъ какъ давленіе воздуха измѣряется высотой барометра, получаются слѣдующія пропорціи:

Для одинакой температуры и разнаго давленія:

$$\delta: \delta' = B: B + dB;$$

для одинаковаго давленія и разной температуры:

$$\delta: \delta' = 1 + 0,00375 dt: 1;$$

слѣдовательно для разной температуры и разнаго давленія:

$$\delta: \delta' = B (1 + 0,00375 dt): B + dB.$$

И такъ найдемся

$$r: r + dr = B (1 + 0,00375 dt): B + dB;$$

откуда

$$r + dr = \left\{ \frac{1 + \frac{dB}{B}}{1 + 0,00375 dt} \right\} \cdot r$$

$$\text{и } dr = r \left[\frac{dB}{B} - \frac{\alpha dt}{1 + \alpha dt} - \frac{dB}{B} \cdot \frac{\alpha dt}{1 + \alpha dt} \right],$$

гдѣ $\alpha = 0,00375$.

Съ помощію сихъ формулъ, для облегченія вычисленій, составлены таблицы какъ для средняго преломленія, такъ и для поправки онаго на температуру воздуха и высоту барометра.

§ 17. Водяные пары, находящіеся въ воздухѣ, по видимому, должны также измѣнять величину астрономическаго преломленія. Чѣмъбъ узнать сіе, Лавласъ, за недостаткомъ надлежащихъ на сей предметъ опытовъ, предположилъ, что дѣйствіе воды и паровъ оной на свѣтъ пропорціонально ихъ плотностямъ. Въ такомъ предположеніи, зная законъ преломленія лучей, проходящихъ изъ воздуха въ воду, онъ нашелъ, что преломляющая сила водяныхъ паровъ превосходитъ преломляющую силу воздуха приведеннаго къ той же плотности; но, взявъ того, при равномъ давленіи, плотность воздуха превосходитъ плотность водяныхъ паровъ почти въ томъ же содержаніи. Отсюда онъ заключилъ, что пары и воздухъ, занимающіе въ атмосферѣ одно и то же мѣсто, производятъ почти одинакое преломленіе, и слѣдовательно дѣйствіе влажно-

сти воздуха на преломленіе нечувствительно. Біопъ поднвердилъ сіе заключеніе прямыми опытами, которые, сверхъ того, показываютъ, что температура дѣйствуетъ на преломленіе только чрезъ происходящую отъ оной пере-
мѣну плотности воздуха.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

О Паралаксѣ.

§ 18. Еслибъ всякой наблюдатель относилъ всѣ небесныя измѣренія къ собственному своему мѣсту на земной поверхности, принимая оное за центръ небеснаго свода, то безчисленное множество таковыхъ центровъ произвело бы многія замѣшательства въ вычисленіи. Для избѣжанія сихъ затрудненій надобно было избрать всѣмъ общій центръ. Всего естественнѣе полагать оный въ средоточіи земнаго шара; но какъ въ такомъ случаѣ высоты свѣтилъ, близкихъ къ землѣ, измѣряемыя съ земной поверхности въ отношеніи къ видимому горизонту, и называемыя, по сей причинѣ, *видимыми высотами*, не будутъ

равны истиннымъ, кои линіи, соединяющая центры свѣтила и земли дѣлаетъ съ истиннымъ горизонтомъ: то и должно сыскать взаимное отношеніе сихъ двухъ высотъ, или разность ихъ, кою называемся *паралаксомъ*.

§ 19. Положимъ, что земля наша есть совершенный шаръ, и пусть будетъ R линія, соединяющая центры земли и свѣтила; R' линія, соединяющая центръ свѣтила съ мѣстомъ наблюдателя; r радиусъ земли, проведенный къ мѣсту наблюдателя: то сіи три линіи составятъ треугольникъ, въ коемъ будутъ: уголъ, заключающійся между линіями R и r и противолежащей линіи R' — истинное отношеніе отъ зенита; уголъ, заключающійся между R' и r и противолежащей линіи R — дополненіе до 180° къ видимому отстоянію отъ зенита; а уголъ, находящійся между R и R' и противолежащий линіи r — паралаксъ; откуда, назвавъ буквами N и N' истинное и видимое отстояніе отъ зенита и буквою p паралаксъ, получимъ

$$\sin p = \frac{r}{R} \sin N'.$$

Для свѣтила, находящагося на горизонтѣ, будетъ $N' = 90^\circ$ и паралаксъ p сдѣлается наибольшимъ, который называется обыкновенно *горизонтальнымъ паралаксомъ*. Назвавъ оный буквою π , получимъ

$$\sin \pi = \frac{r}{R};$$

слѣдовательно

$$\sin p = \sin \pi \sin N'.$$

Для свѣтила находящагося въ зенитѣ будетъ $N' = 0$; слѣдственно $p = 0$.

Для неподвижныхъ звѣздъ, кои отстоятъ отъ земли на безпредѣльное разстоянiе, будетъ $R = \infty$, $\sin \pi = 0$ и $\sin p = \sin \pi \sin N' = 0$, т. е. неподвижныя звѣзды паралакса не имѣютъ.

§ 20. Горизонтальный паралаксъ, завися отъ r , зависить, слѣдовательно, и отъ фигуры земной поверхности. Если оная поверхность есть совершенной шаръ, то, при равномъ раз-

стояніи свѣтила отъ центра земли, горизонтальный паралаксъ онаго одинаковъ для всякой точки земной поверхности. Но какъ извѣстно, что земля наша есть сфероидъ, весьма близко подходящій къ эллипсоиду, происходящему отъ обращенія около меньшей оси эллипсиса, коего большая ось есть поперечникъ экватора, а меньшая разстояніе земныхъ полюсовъ: но горизонтальный паралаксъ измѣняется для всякой точки земной поверхности вмѣстѣ съ радіусомъ r , и припомъ будетъ

$$\sin \pi = \frac{r}{R} \cos \theta,$$

гдѣ θ есть уголъ, который радіусъ мѣста наблюденія дѣлаетъ съ вертикальною, или нормальною линіею онаго. Поскольку θ есть весьма малый уголъ, то безъ всякой ошибки можно положить

$$\sin \pi = \frac{r}{R}.$$

§ 21. Чѣмъбы сыскать r , положимъ, что A будетъ половина большой, а B половина меньшей оси земнаго сфероида и пусть φ' будетъ уголъ, который r дѣлаетъ съ A и φ уголъ заключающійся между нормаль-

ною линією мѣста наблюдателя и большою осью; то φ будетъ означеніе экватора отъ зенита и, слѣдовательно, наблюдаемая высота полюса, или наблюдаемая широта мѣста; а уголъ φ' Астрономы обыкновенно называютъ *геоцентрическою широтою мѣста*. Опредѣлимъ положеніе мѣста наблюденія двумя координатами x и y на плоскости меридіана, изъ коихъ первая пусть будетъ на большой оси, а вторая параллельна меньшей оси; то найдемъ

$$\operatorname{tang} \varphi' = \frac{y}{x}, \quad \operatorname{tang} \varphi = \frac{y}{z},$$

гдѣ z есть субнормаль мѣста наблюдателя; слѣдовательно, для эллиптической фигуры меридіана, будетъ

$$z = \frac{B}{A^2} x.$$

Итакъ
$$\operatorname{tang} \varphi' = \frac{B^2}{A^2} \operatorname{tang} \varphi,$$

а изъ уравненія эллипсиса,

$$A^2 B^2 = A^2 y^2 + B^2 x^2,$$

вставивъ въ оное $y = r \sin \varphi'$ и $x = r \cos \varphi'$, получимъ

$$\begin{aligned}
 r^2 &= \frac{A^2 B^2}{A^2 \sin^2 \varphi' + B^2 \cos^2 \varphi'} \\
 &= \frac{A^2}{\cos^2 \varphi' \left(1 + \frac{A^2}{B^2} \tan^2 \varphi' \right)} \\
 &= \frac{A^2}{\cos^2 \varphi' (1 + \tan \varphi \tan \varphi')} \\
 &= \frac{A^2 \cos \varphi}{\cos \varphi' \cos (\varphi' - \varphi)};
 \end{aligned}$$

слѣдовательно

$$r = A \sqrt{\frac{\cos \varphi}{\cos \varphi' \cos (\varphi' - \varphi)}}.$$

Если сіе значеніе опѣ r вставимъ въ уравненіе

$$\sin \pi = \frac{r}{R} \cos (\varphi - \varphi'),$$

то получимъ

$$\begin{aligned}
 \sin \pi &= \frac{A}{R} \sqrt{\frac{\cos \varphi \cos (\varphi' - \varphi)}{\cos \varphi'}} \\
 &= \frac{A}{R} \sqrt{\cos^2 \varphi + \cos \varphi \sin \varphi \tan \varphi'} \\
 &= \frac{A}{R} \sqrt{1 - \frac{A^2 - B^2}{A^2} \sin^2 \varphi},
 \end{aligned}$$

что будетъ въ спрокѣ

$$\sin \pi = \frac{A}{R} \left\{ 1 - \frac{1}{2} \alpha \sin^2 \varphi - \frac{1}{24} \alpha^2 \sin^4 \varphi - \dots \right\},$$

$$\text{гдѣ } \alpha = \frac{A^2 - B^2}{A^2}.$$

Здѣсь по малости величинъ $\sin \pi$, $\frac{A}{R}$ и α

можно пренебречь высшія степени отъ α и,

$$\text{въ выраженіи } \alpha = \frac{A^2 - B^2}{A^2} = \frac{(A + B)(A - B)}{A^2},$$

положивъ $A + B = 2A$; слѣдовательно будетъ

$$\sin \pi = \frac{A}{R} (1 - \alpha \sin^2 \varphi),$$

$$\text{гдѣ } \alpha = \frac{A - B}{A}.$$

Если наблюдатель находится на экваторѣ, то будетъ φ и φ' ноль, и, слѣдовательно, назвавъ буквою Π горизонтальный экваторіальный паралаксъ, получимъ

$$\sin \Pi = \frac{A}{R}$$

$$\text{и } \sin \pi = \sin \Pi - \alpha \sin \Pi \sin^2 \varphi.$$

§ 22. Паралаксъ, дѣйствуя на высоту свѣтила, измѣняетъ также и положеніе онаго въ отношеніи къ какимъ бы то ни было плоскостямъ координатъ. Чѣмъ опредѣлимъ сіе дѣйствіе, положимъ, что мѣсто свѣтила опредѣлено въ отношеніи къ тремъ перпендикулярнымъ между собою плоскостямъ xu , yz , zx , проходящимъ чрезъ центръ земли и въ отношеніи къ другимъ плоскостямъ координатъ $x'y'$, $y'z'$, $z'x'$, параллельнымъ съ первыми и проходящимъ чрезъ мѣсто наблюдателя, и пусть будетъ R линія соединяющая центръ земли съ центромъ свѣтила, u уголъ, заключающійся между сею линією и плоскостію xu и v уголъ, заключающійся между проекцією линіи R на плоскость xu и осію x ; пусть также R' , u' , v' будутъ подобныя величины въ отношеніи къ плоскостямъ $x'y'$, $y'z'$, $z'x'$, то координаты x , y , z и x' , y' , z' найдутся изъ слѣдующихъ уравненій:

$$x = R \cos u \cos v$$

$$y = R \cos u \sin v$$

$$z = R \sin u$$

$$x' = R' \cos u' \cos v'$$

$$y' = R' \cos u' \sin v'$$

$$z' = R' \sin u'.$$

Положимъ еще, что X , Y , Z будутъ координаты мѣста наблюдателя на поверхности земли въ отношеніи къ плоскостямъ $xу$, $уz$, zx ; r отстояніе онаго мѣста отъ центра земли; U уголъ заключающійся между r и плоскостью $xу$; V уголъ заключающійся между проекціею линіи r на плоскость $xу$ и осью x ; то также, какъ выше сего, найдемъ

$$X = r \cos U \cos V$$

$$Y = r \cos U \sin V$$

$$Z = r \sin U$$

и сверхъ того получимъ

$$x = x' + X$$

$$y = y' + Y$$

$$z = z' + Z.$$

Отсюда легко найти взаимное отношеніе величинъ u , v и u' , v' , т. е. истиннаго и видимаго мѣста свѣтила на сводѣ небесномъ, и будетъ :

I) Для опредѣленія видимаго мѣста изъ истиннаго

$$\text{tang } v' = \frac{y - Y}{x - X}$$

$$\text{tang } u' = \frac{z - Z}{x - X} \cos v' = \frac{z - Z}{y - Y} \sin v'$$

$$\begin{aligned} \frac{R}{R'} = \frac{R}{x - X} \cos u' \cos v' &= \frac{R}{y - Y} \cos u' \sin v' \\ &= \frac{R}{z - Z} \sin v'. \end{aligned}$$

II) Для опредѣленія истиннаго мѣста изъ видимаго

$$\text{tang } u = \frac{y + Y}{x + X}$$

$$\text{tang } u = \frac{z + Z}{x + X} \cos v = \frac{z + Z}{y + Y} \sin v$$

$$\begin{aligned} \frac{R'}{R} = \frac{R'}{x + X} \cos u \sin v &= \frac{R'}{y + Y} \cos u \sin v \\ &= \frac{R'}{z + Z} \sin u. \end{aligned}$$

Содержаніе $\frac{R}{R'}$, въ уравненіяхъ (I), и $\frac{R'}{R}$, въ уравненіяхъ (II), покажутъ взаимное отношеніе угловыхъ полуперечниковъ свѣтла, видимыхъ изъ мѣста наблюденія и отъ

центра земли: ибо, положивъ первый δ' , а второй δ , получимъ $\sin \delta' = \frac{g}{R'}$ и $\sin \delta = \frac{g}{R}$, гдѣ g есть линейный поперечникъ свѣтила; слѣдовательно

$$\frac{\sin \delta'}{\sin \delta} = \frac{R}{R'}.$$

Примѣчаніе. Надобно замѣнить, что угловой поперечникъ свѣтила, видимый изъ центра земли, равенъ угловому поперечнику того же свѣтила, видимому отъ мѣста наблюдателя, когда свѣтило сіе находится на горизонтѣ и называемому обыкновенно *горизонтальнымъ поперечникомъ*: ибо въ семъ случаѣ разница между R' и R нечувствительна.

§ 23. Изъ предыдущихъ общихъ формулъ весьма легко сдѣлать слѣдующія примѣненія:

а) Положимъ, что должно сыскать видимую долготу и широту изъ истинныхъ, то надобно положить, что плоскость xu есть плоскость эклиптики, ось положительныхъ x идетъ отъ центра земли къ воссему рав-

подеиствію, ось положительных y — къ лѣвному солнцестоянію, и наконецъ ось положительных z — къ сѣверному полюсу эклиптики; тогда получится :

$$\begin{aligned} u &= \delta \text{ истинная широта,} \\ v &= l \text{ истинная долгота,} \\ u' &= \delta' \text{ видимая широта,} \\ v' &= l' \text{ видимая долгота,} \\ U &= B \text{ широта зенита,} \\ V &= L \text{ долгота зенита.} \end{aligned}$$

Такимъ образомъ замѣтивъ, что $\frac{r}{R} = \sin \pi$, найдемъ :

$$\begin{aligned} \text{tang } l' &= \frac{\sin l \cos \delta - \sin \pi \sin L \cos B}{\cos l \cos \delta - \sin \pi \cos L \cos B} \\ \text{tang } \delta' &= \frac{(\sin \delta - \sin \pi \sin B) \cos l'}{\cos l \cos \delta - \sin \pi \cos L \cos B} \\ \sin \delta' &= \frac{\sin \delta \cos l' \cos \delta'}{\cos l \cos \delta - \sin \pi \cos L \cos B}. \end{aligned}$$

Но какъ долготу и широту зенита непосредственно опредѣлить невозможно, то гораздо удобнѣе ввести вмѣсто сихъ величинъ

прямое восхожденіе зенита A , которое равняется звѣздному времени наблюденія, и склоненіе зенита, равное геоцентрической широтѣ мѣста φ' . На сей конецъ изъ формулъ главы II, § 6 получимъ

$$\begin{aligned}\sin B &= \sin \varphi' \cos e - \cos \varphi' \sin e \sin A \\ \cos B \sin L &= \sin \varphi' \sin e + \cos \varphi' \cos e \sin A \\ \cos B \cos L &= \cos \varphi' \cos A,\end{aligned}$$

гдѣ e есть наклоненіе эклиптики къ экватору. Итакъ найдемъ

$$\begin{aligned}\tan g l' &= H \sin l \sin \delta \\ &\quad - H \sin \pi (\sin \varphi' \sin e + \cos \varphi' \cos e \sin A) \\ \tan g \delta' &= H \cos l' \sin \delta \\ &\quad - H \sin \pi \cos l' (\sin \varphi' \cos e - \cos \varphi' \sin e \sin A) \\ \sin \delta' &= H \sin \delta \cos l' \cos \delta',\end{aligned}$$

гдѣ

$$\frac{1}{H} = \cos l \cos \delta - \sin \pi \cos \varphi' \cos A.$$

б) Подобнымъ же образомъ изъ формулъ (I) § 22, найдемъ видимыя прямое восхожденіе и склоненіе свѣтила изъ истинныхъ; но гораздо легче будетъ сыскать оныя, еслимъ въ предыдущихъ формулахъ положимъ $e = 0$,

тогда эклиптика сольется съ экваторомъ и истинная долгота и широта l и b сдѣлаются истинными прямымъ восхожденіемъ и склоненіемъ, кои мы называемъ α и d , а видимая долгота и широта l' и b' сдѣлаются видимыми прямымъ восхожденіемъ и склоненіемъ, кои мы назовемъ α' и d' , и будетъ

$$\begin{aligned}\operatorname{tang} \alpha' &= \frac{\sin \alpha \cos d - \sin \pi \sin A \cos \varphi'}{\cos \alpha \cos d - \sin \pi \cos A \cos \varphi'} \\ \operatorname{tang} d' &= \frac{\cos \alpha' (\sin d - \sin \pi \sin \varphi')}{\cos \alpha \cos d - \sin \pi \cos A \cos \varphi'} \\ \sin \delta' &= \frac{\sin \delta \cos \alpha' \cos d'}{\cos \alpha \cos d - \sin \pi \cos A \cos \varphi'}.\end{aligned}$$

Часто нужно бываетъ опредѣлить видимыя прямое восхожденіе и склоненіе изъ истинной долготы и широты, такъ какъ положеніе свѣтилъ имѣющихъ паралаксъ, какъ-то: Солнца, Луны, планетъ и спутниковъ, въ таблицахъ обыкновенно дается въ отношеніи къ эклиптики: но для сего получимъ изъ формулъ главы II, §. 6

$$\begin{aligned}\sin d &= \sin l \cos e + \sin l \cos b \sin e \\ \cos d \sin \alpha &= \sin l \cos b \cos e - \sin b \sin e \\ \cos d \cos \alpha &= \cos l \cos b,\end{aligned}$$

слѣдовательно

$$\begin{aligned}\text{tang } \alpha' &= H (\sin l \cos b \cos e - \sin b \sin e) \\ &\quad - H \sin \pi \cos \varphi' \sin A \\ \text{tang } d' &= H \cos \alpha' (\sin b \cos e + \sin l \cos b \sin e) \\ &\quad - H \sin \pi \cos \alpha' \sin \varphi' \\ \sin \delta' &= H \sin \delta \cos \alpha' \cos d',\end{aligned}$$

гдѣ

$$\frac{1}{H} = \cos l \cos b - \sin \pi \cos \varphi' \cos A$$

или, положивъ для удобства вычисленія

$$\text{tang } \psi = \cot b \sin l,$$

найдемъ

$$\begin{aligned}\text{tang } \alpha' &= H \left(\frac{\sin b \sin (\psi - e)}{\cos \psi} - \sin \pi \sin A \cos \varphi' \right) \\ \text{tang } d' &= H \cos \alpha' \left(\frac{\sin b \cos (\psi - e)}{\cos \psi} - \sin \pi \sin \varphi' \right),\end{aligned}$$

гдѣ

$$H = \frac{1}{\cos l \cos b - \sin \pi \cos A \cos \varphi'}.$$

с) Положимъ, что требуется сыскать видную высоту и видимый азимутъ изъ истинныхъ, но надобно положить, что плоскости xy и $x'y'$ суть истинный и видимый горизонтъ, а плоскости xz и $x'z'$ — плоскость меридіана, тогда получится

$u = h$ истинная высота

$v = \omega$ истинный азимутъ

$u' = h'$ видимая высота

$v' = \omega'$ видимый азимутъ

$U = 90^\circ - \theta = 90^\circ - (\varphi - \varphi')$

$V = 0$

и будетъ, замѣтивъ такъ же какъ и прежде,

что $\frac{r}{R} = \sin \pi$,

$$\operatorname{tang} \omega' = \frac{\sin \omega \cos h}{\cos \omega \cos h - \sin \pi \sin \theta}$$

$$\operatorname{tang} h' = \frac{\cos \omega' (\sin h - \sin \pi \cos \theta)}{\cos \omega \cos h - \sin \pi \sin \theta}$$

$$\sin \delta' = \frac{\sin \delta \cos \omega' \cos h'}{\cos \omega \cos h - \sin \pi \sin \theta}.$$

Здѣсь, если мы положимъ, что земля наша есть совершенный шаръ, то надобно принять $\theta = 0$ и тогда, изъ предыдущихъ формулъ, найдемъ

$$\omega' = \omega$$

$$\operatorname{tang} h' = \operatorname{tang} h - \frac{\sin \pi}{\cos h},$$

или

$$\sin (h - h') = \sin \pi \cos h'$$

и

$$\sin \delta' = \sin \delta \frac{\cos h'}{\cos h}$$

§. 24. Формулы (II) предыдущаго параграфа, подобнымъ же образомъ, дадутъ истинное мѣсно свѣшала изъ видимаго, и положивъ

$$m = \frac{r}{R'} = \frac{r}{R} \cdot \frac{R}{R'} = \sin \pi \frac{\cos h'}{\cos h},$$

получимъ

$$\begin{aligned} \text{a) } \operatorname{tang} l &= H' \sin l' \cos b' \\ &\quad + H' m (\sin \varphi' \operatorname{sine} + \cos \varphi' \operatorname{cose} \sin A) \\ \operatorname{tang} b &= H' \cos l \sin h' \\ &\quad + H' m \cos l (\sin \varphi' \operatorname{cose} - \cos \varphi' \operatorname{sine} \sin A) \\ \sin \delta &= H' \sin \delta' \cos l \cos b, \end{aligned}$$

гдѣ

$$\frac{l}{H} = \cos l' \cos b' + m \cos \varphi' \cos A.$$

$$\text{b) } \operatorname{tang} a = \frac{\sin a' \cos d' + m \sin A \cos \varphi'}{\cos a' \cos d' + m \cos A \cos \varphi'}$$

$$\operatorname{tang} d = \frac{(\sin d' + m \sin \varphi') \cos a}{\cos a' \cos d' + m \cos A \cos \varphi'}$$

$$\sin \delta = \frac{\sin \delta' \cos a \cos b}{\cos a' \cos d' + m \cos A \cos \varphi'}.$$

$$\begin{aligned} \text{e) } \operatorname{tang} \omega &= \frac{\sin \omega' \cos h'}{\cos \omega' \cos h' + m \sin \theta} \\ \operatorname{tang} h &= \frac{\sin h' + m \cos \theta}{\cos \omega' \cos h' + m \sin \theta} \\ \sin \delta &= \frac{\sin \delta' \cos \omega \cos h}{\cos \omega' \cos h' + m \sin \theta} \end{aligned}$$

§. 25. Всѣ сін формулы точны, но ихъ нужно употреблять только для луны, коей горизонтальный параллаксъ бываетъ болѣе градуса: прочихъ же свѣтилъ горизонтальный параллаксъ ни одной не превышаетъ 50"; слѣдовательно для нихъ можно употребить приближенныя формулы, которыя выведутся изъ предыдущихъ слѣдующимъ образомъ.

Возмемъ уравненіе

$$\operatorname{tang} (l' - l) = \frac{\operatorname{tang} l' - \operatorname{tang} l}{1 + \operatorname{tang} l' \operatorname{tang} l},$$

и вставимъ въ оное вмѣсто $\operatorname{tang} l'$ его значеніе

$$\frac{\sin l \cos b - \sin \pi \sin L \cos B}{\cos l \cos b - \sin \pi \cos L \cos B},$$

то, отбросивъ въ знаменателѣ члены помноженные на $\sin \pi$, и помноживъ числитель на $\sin \pi$ и $l' - l$ вмѣсто $\sin (l' - l)$, получимъ

$$l' - l = \pi \frac{\cos B}{\cos b} \sin (l - L).$$

Вставимъ въ уравненіе

$$\operatorname{tang} (b' - b) = \frac{\operatorname{tang} b' - \operatorname{tang} b}{1 + \operatorname{tang} b' \operatorname{tang} b}$$

вмѣсто $\operatorname{tang} b'$ его значеніе

$$\frac{(\sin b - \sin \pi \sin B) \cos l'}{\cos b \cos l - \sin \pi \cos B \cos L},$$

то, съ такими же, какъ выше сего, сокращеніями, принявъ, сверхъ того, $\cos l$ вмѣсто $\cos l'$ въ числитель, въ членахъ помноженныхъ на $\sin \pi$, или π , и въ знаменатель, получимъ

$$b' - b = \frac{\sin b \cos b (\cos l' - \cos l) + \pi \sin b \cos B \cos L}{\cos l} \\ - \pi \cos b \sin B;$$

$$\text{но } \cos l' - \cos l = 2 \sin \frac{l' + l}{2} \sin \frac{l - l'}{2} = (l - l') \sin l \\ = - \frac{\pi \cos B \sin l \sin (l - L)}{\cos b};$$

слѣдовательно

$$b' - b = \pi (\cos B \sin b \cos (l - L) - \sin B \cos b).$$

наконецъ, совершенно такимъ же образомъ найдемъ

$$\begin{aligned}
\delta' - \delta &= \frac{\delta (\cos l' \cos b' - \cos l \cos b + \pi \cos L \cos B)}{\cos l \cos b} \\
&= \frac{\delta}{\cos l} (\cos l' - \cos l) + \frac{\pi \delta \cos L \cos B}{\cos l \cos b} \\
&= \frac{\pi \delta \cos B}{\cos b} \cos (l - L);
\end{aligned}$$

следовательно, положивъ

$$\text{tang } \psi = \frac{\text{tang } B}{\cos (l - L)},$$

получимъ три приближенные формулы

$$l' - l = \frac{\pi \cos B}{\cos b} \sin (l - L)$$

$$b' - b = \frac{\pi \sin B}{\sin \psi} \sin (b - \psi)$$

$$\delta' - \delta = \frac{\pi \delta \cos B}{\cos b} \cos (l - L).$$

Допущенныя здѣсь сокращенія основываются на малости угловъ π , δ , $l' - l$, $b' - b$, $\delta' - \delta$, а посему и формулы сии могутъ быть приняты только для такихъ свѣтилъ, у коихъ π не превышаетъ 20 или 30 секундъ; но какъ таковыхъ свѣтилъ много, то формулы сии

часто могутъ быть употреблены съ пользою.

Если известно видимое мѣсто таковыхъ свѣтилъ, то также, безъ чувствительной ошибки, можно принять слѣдующія формулы:

$$\operatorname{tang} \psi = \frac{\operatorname{tang} B}{\cos (l' - L)}$$

$$l' - l = \frac{\pi \cos B}{\cos \delta'} \sin (l' - L)$$

$$\delta' - \delta = \frac{\pi \sin B}{\sin \psi} \sin (\delta' - \psi)$$

$$\delta' - \delta = \frac{\pi \delta \cos B}{\cos \delta'} \cos (l' - L),$$

которыя можно сыскать совершенно тѣмъ же путемъ, какъ и предъидущія, положивъ только $\frac{\pi \cos h}{\cos h'} = \pi$, что при таковомъ приближеніи допустить можно.

Подобныя же формулы найдутся и для параллаксъ въ прямое восхожденіе $\alpha' - \alpha$ и въ склоненіе $d' - d$. Чтобы получить оныя, стоитъ только въ предъидущія формулы вставить $\alpha', \alpha, A, d', d, \varphi'$ вмѣсто $l', l, L, \delta', \delta, B$. Такимъ образомъ получимъ

$$\text{tang } \psi = \frac{\text{tang } \varphi'}{\cos (\alpha' - A)}$$

$$\alpha' - \alpha = \frac{\pi \cos \varphi'}{\cos d} \sin (\alpha - A)$$

$$d' - d = \frac{\pi \sin \varphi'}{\sin \psi} \sin (d - \psi)$$

$$\delta' - \delta = \frac{\pi \delta \cos \varphi'}{\cos d} \cos (\alpha - A)$$

или

$$\text{tang } \psi = \frac{\text{tang } \varphi'}{\cos (\alpha' - A)}$$

$$\alpha' - \alpha = \frac{\pi \cos \varphi'}{\cos d'} \sin (\alpha' - A)$$

$$d' - d = \frac{\pi \sin \varphi'}{\sin \psi} \sin (d' - \psi)$$

$$\delta' - \delta = \frac{\pi \delta' \cos \varphi'}{\cos d'} \cos (\alpha' - A)$$

§. 26. Теперь слѣдуетъ показать способъ находить изъ наблюдений горизонтальный параллаксъ π , который мы до сихъ поръ принимали известнымъ. Для сего нужно, чтобъ два наблюдателя, будучи въ разныхъ, другъ отъ друга довольно отдаленныхъ, мѣстахъ, но на одномъ меридіанѣ, въ одно

условное время, измѣрили видимыя описанныя
ошъ зенита, N и N' , свѣтила, коего ищется
горизонтальный параллаксъ, тогда будетъ

$$\sin p = \sin \pi \sin N$$

$$\sin p' = \sin \pi \sin N',$$

гдѣ p и p' суть параллаксы высотъ для
мѣсяцъ наблюдений, или сокращенно

$$p = \pi \sin N$$

$$p' = \pi \sin N',$$

откуда найдемъ

$$\pi = \frac{p \pm p'}{\sin N \pm \sin N'}.$$

Довольно взглянуть на фиг. 4, дабы ви-
дѣть, что $p \pm p'$ есть уголъ при центрѣ свѣ-
тила, заключающійся между линиями, соединяю-
щими сей центръ съ мѣсяцами наблюдений, и
что верхній знакъ принадлежитъ къ тому
случаю, когда свѣтило находится между зе-
нинами обонхъ мѣсяцъ наблюдений, и. е. когда
наблюдатели находятся въ точкахъ A и B ;
а нижній когда свѣтило лежитъ по одну сто-
рону ошъ зениновъ наблюдателей, находя-
щихся, напримѣръ, въ точкахъ A и B' .

Сверхъ того, въ первомъ случаѣ, будетъ

$$p + p' = N - PCA + N' - PCB = N + N' - ACB,$$

а во второмъ

$$p - p' = N - PCA - N' + PCB' = N - N' - ACB'.$$

Но какъ въ обоихъ сихъ случаяхъ ACB и ACB' не что иное есть, какъ разность или сумма широтъ обоихъ мѣстъ наблюденія, смотря по тому на одномъ или на разныхъ полушаріяхъ земли мѣста сіи находятся, то, назвавъ сію разность или сумму широтъ буквою φ , получимъ

$$\pi = \frac{N \pm N' - \varphi}{\sin N \pm \sin N'}.$$

Хотя опредѣленіе геогр. широтъ основывается на наблюденіяхъ высотъ истинныхъ, но широты можно найти изъ наблюденій неподвижныхъ звѣздъ, слѣдовательно независимо отъ параллаксовъ.

§. 27. Положимъ, что n и n' будутъ видимыя отстоянія отъ зенита другаго какого нибудь свѣтила, наблюдаемаго изъ тѣхъ же мѣстъ A и B или A и B' , то горизонтальный параллаксъ сего свѣтила будетъ

$$\pi' = \frac{n \pm n' - \varphi}{\sin n \pm \sin n'}.$$

Если сіе свѣтило будетъ неподвижная звѣзда, то $\pi' = 0$, слѣдовательно

$$n \pm n' - \varphi = 0 \text{ и } \varphi = n \pm n'$$

и такъ найдемъ

$$\pi = \frac{(N - n) \pm (N' - n')}{\sin N \pm \sin N'}$$

Такимъ образомъ, не зная широтъ мѣстъ наблюдений, можно легко опредѣлить горизонтальный параллаксъ всякаго свѣтила. Въ семъ случаѣ нужно только, чинобъ каждый наблюдатель, сверхъ описанній оныъ зенита, измѣрилъ разности высотъ наблюдаемаго свѣтила и какой нибудь неподвижной звѣзды. Итъ надобности, чинобъ звѣзда сія проходила чрезъ меридіанъ въ одно время съ свѣтиломъ; но только, для удобства наблюденья, надобно выбирать такую звѣзду, копорая бы находилась близко къ параллельному кругу, на коемъ наблюдаемое свѣтило находится. Симъ способомъ Варгеншинъ и Лакаль, изъ коихъ первой находился въ Штокгольмѣ, а послед-

ній на Мысъ Доброй Надежды, опредѣлили паралаксъ планеты Марса.

§. 28. Условіе, чѣмъ два наблюдателя находились совершенно на одномъ меридіанѣ, по видимому, ограничиваетъ употребленіе сего способа, но къ счастію условіе сіе не есть необходимое. Оно совершенно не нужно бы было, если бы свѣшало не измѣняло своего склоненія: ибо тогда его меридіональныя высоты были бы равны во всѣхъ точкахъ земной поверхности, находящихся подъ однимъ параллельнымъ кругомъ, и слѣдовательно высоты сіи или меридіональныя отнесенія оныъ зенита, измѣренныя на разныхъ меридіанахъ, можно разсматривать такъ, какъ будто бы они взяты на одномъ меридіанѣ. Если же склоненіе измѣняеся, то должно наблюдать меридіональное отнесеніе свѣшала оныъ зенита нѣсколько дней сряду, и опредѣливъ изъ сихъ наблюдений суточное измѣненіе высотъ, найши, по пропорціи, весьма малое измѣненіе ихъ на время оныъ прохода свѣшала чрезъ меридіанъ одного мѣсна до прохода чрезъ меридіанъ другаго. Съ сею поправкою приве-

дуются оба наблюденія къ оному меридіану: Чѣмъ примѣненіе сего способа было сколько возможно точнѣе, надобно выбирать меридіаны близкія одинъ къ другому, а свѣпило наблюдать въ самомъ большемъ удаленіи его отъ экватора: ибо тогда измѣненіе склоненія, а слѣдовательно и меридіанальной высоты есть наименьшее. Подобнымъ сему способомъ Лакаль и Лаландъ, изъ коихъ первой находился на Мысѣ Доброй Надежды, а другой въ Берлинѣ, опредѣляли параллаксъ Луны.

Сей способъ есть самый простѣйшій, но не столь точный какъ другіе, по которымъ Астрономы опредѣляли параллаксы солнца, луны и нѣкоторыхъ планетъ; но какъ они предполагаютъ познаніе о планетныхъ движеніяхъ, то мы и будемъ говорить объ нихъ въ приличномъ мѣстѣ, а теперь для порядку ограничимся только предъидущимъ.

§. 29. Надобно еще замѣнить, что если параллаксъ извѣстенъ, то найденся отстояніе свѣпила отъ центра земли, въ частяхъ земнаго полуперечиска r , и если сей полупере-

речникъ положимъ равнымъ единицѣ, то получимъ

$$\sin \pi = \frac{1}{R} \text{ и } R = \frac{1}{\sin \pi}.$$

Сверхъ сего изъ горизонтальнаго параллакса свѣтила и изъ его углового полуперечника найдемъ содержаніе линейнаго полуперечника свѣтила g къ полуперечнику земли r : ибо $\sin \pi = \frac{r}{R}$, а $\sin \delta = \frac{g}{R}$, то

$$\frac{\sin \delta}{\sin \pi} = \frac{g}{r},$$

откуда найдемся

$$g = \frac{\sin \delta}{\sin \pi} \cdot r.$$

ГЛАВА ПЯТАЯ.

О Звѣздныхъ Каталогахъ и о бѣ
измѣненіяхъ положеній непод-
вижныхъ звѣздъ.

§. 30. Замѣнивъ вышеописанныя поправки наблюдаемыхъ высотъ, съ помощію весьма легкаго вычисленія, съ величайшею точностію, найдемъ склоненія свѣтилъ; а времена ихъ прохожденія чрезъ меридіанъ, сравненныя со-временемъ прохожденія солнца, покажутъ намъ прямыя восхожденія, и вотъ все, что нужно для познанія мѣстъ каждой звѣзды на небес-номъ сводѣ.

§. 31. Многократныя наблюденія показыва-ютъ два рода свѣтилъ. Одни, по видимому, не перемѣняютъ своего положенія, и съ перва-го взгляда, не имѣютъ другаго движенія кро-мѣ того, которое мы ежедневно примѣчаемъ во всѣхъ свѣтилахъ небесныхъ, и которое, увлекаая ихъ подобно общему пошоку отъ востока къ западу, заставляешъ описывать около оси міра малыя круги одной сферы, параллельныя съ экваторомъ; но и сіе движе-

ніе есть только видимое: оно намъ представляется оны́мъ шого, что земля наша обращается около своей оси оны́мъ запада къ востоку и влечетъ съ собою наблюдателя, на поверхности находящагося, коего глазъ, будучи обращенъ, въ разные времена, къ разнымъ точкамъ неба, и не примѣчая собственнаго своего движенія, приписываетъ оное звѣздамъ. Другія шва небесныя, кромѣ сего видимаго движенія, примѣннымъ образомъ перемѣняютъ свое мѣсто на звѣздномъ небѣ, совершая, съ разными скоростями, нуны различныя, но единообразныя и правильныя. Къ первому роду принадлежатъ неподвижныя звѣзды, а къ послѣднему планеты, ихъ спутники и кометы.

§. 52. Самое очевидное различіе планетъ и неподвижныхъ звѣздъ есть то, что поперечники первыхъ имѣютъ опредѣленную величину; тогда какъ послѣднія, въ лучшія шрубы, кажутся только лучезарными точками. Сверхъ того, свѣтъ неподвижныхъ звѣздъ имѣетъ нѣкоторое блеснаніе и переливъ радужныхъ цвѣтовъ. Г. Араго изъясняетъ сіе явленіе закономъ интерференціи свѣта, открытымъ

Юнгъ. Любопытныя опыты сего знаменитаго Английскаго физика показываютъ, что два однородные луча свѣта, будучи приведены въ одну точку, по путямъ нѣсколько неравнымъ, соединяясь, складываются или уничтожаются, смотря по разности путей. Разность сія должна быть не одинакова для уничтоженія того или другаго изъ составныхъ цвѣтовъ свѣта. Сіе произойдетъ не только отъ неравенства путей, лучами пробѣгаемыхъ; но также и отъ разности силы преломленія матерій, чрезъ кои лучи проходятъ (*). Теперь легко доказать, что лучи, идущіе отъ одной точки, будучи соединены въ фокусъ выпуклаго стекла, соприсаюся согласно, или складываются, если они все проходятъ среды одной плотности; напротивъ того, отъ большаго или меньшаго неравенства силъ плотностей произойдетъ уничтоженіе того или другаго изъ цвѣтныхъ лучей свѣта. Последнее обстоятельство весьма легко примѣнить къ блес-

(*) См. Annales de Chimie et de Physique
T. I, page 199.

панію звѣздъ: въ самомъ дѣлѣ; если всѣ лучи, достигающіе къ различнымъ часпямъ зрачка, постоянно проходятъ чрезъ атмосферическіе слои одинакой плотности, то звѣзда всегда будетъ имѣть одинакій блескъ и одинакій цвѣтъ, тогда какъ, въ противномъ случаѣ, она ежеминутно будетъ измѣнять блескъ свой и представляться въ переливахъ радужныхъ цвѣтовъ. Въ Планетахъ сего блеспанія не примѣчается, потому что множество лучей, достигающихъ до глаза наблюдателя, отъ всей видимой поверхности планеты, зашмѣваютъ сіе явленіе.

§. 53. Неизмѣнность взаимнаго положенія неподвижныхъ звѣздъ показали Астрономамъ способъ относить къ нимъ, какъ къ постояннымъ точкамъ, собственное движеніе другихъ свѣтилъ; но для сего нужно было составить вѣрныя таблицы, показывающія мѣсто первыхъ. Таблицы сіи, основанныя на многочисленныхъ наблюденіяхъ, называются *звѣздными каталогами*. Они располагаются обыкновенно по порядку прямыхъ восхожденій, начиная отъ точки весенняго равно-

денствія до 360° , въ другомъ столбцѣ присоединяють къ сему и склоненія. Для соображенія же ихъ взаимнаго положенія съ перваго взгляда, дѣлають небесные глобусы и карты, на коихъ звѣзды раздѣляются на различныя группы, называемыя *созвѣздіями*. Звѣзды, принадлежащія къ каждому созвѣздію, означаются Греческими буквами, такъ что самая блестящая называется α , вторая по своему блеску β , третья γ и такъ далѣе; если Греческой азбуки недоспапочно, то прибавляются Латинскія буквы, и часно цифры. Сверхъ того всѣ вообще неподвижныя звѣзды, по мѣрѣ своего блеска, раздѣляются на различныя величины, и самыя блестящія называются звѣздами первой величины, менѣе блестящія второй, третьей и ш. д. величины. Нѣкоторые изъ нихъ имѣютъ особенныя названія, по большой части Арабскія.

§. 54. Наименованія созвѣздій суть слѣдующія:

48 Созвѣздій Птолемея.

СЪВЕРНЫЯ.

1. Малая медвѣдица или Цинозура, хвостъ пса.

5*

2. Большая медведица.	13. Офиурусъ или змие- носецъ.
3. Драконъ.	
4. Цетей.	14. Змій.
5. Волопасъ.	15. Стрѣла (и Лисица).
6. Сѣверная Корона.	16. Орелъ и Аппинной.
7. Геркулесъ.	17. Дельфинъ.
8. Лира.	18. Малый конь.
9. Курица или Лебедь.	19. Конь Пегасъ.
10. Кассіопея.	20. Андромеда.
11. Персей.	21. Треугольникъ.
12. Возничій.	

ЗОДІАКАЛЬНЫЯ. (*)

22. Υ Овенъ (и муха).	24. φ Близнецы.
23. $\varnothing$ Телецъ.	25. ♋ Ракъ.

(*) Зодіакомъ называется пространство неба, простирающееся по обѣ стороны эклиптики почти на 18° , а созвѣздія, въ семь пространствъ находящіяся, именуются зодіакальными. Они раздѣляютъ эклиптику на 12 частей, называемыхъ *знаками*. Въ каждомъ знакѣ заключается 30° . Такимъ образомъ долготы солнца и планетъ часто выражаютъ въ знакахъ, градусахъ, минутахъ и секундахъ.

- | | |
|---|------------------|
| 26. ♌ Левъ (къ коему присоединены нѣкоторыя звѣзды изъ созвѣздія власы Вереникины). | 28. ♍ Вѣсы. |
| 27. ♎ Дѣва. | 29. ♏ Скорпионъ. |
| | 30. ♐ Стрѣлецъ. |
| | 31. ♑ Козерогъ. |
| | 32. ♒ Водолей. |
| | 33. ♒ Рыбы. |

ЮЖНЫЯ.

- | | |
|---------------------------------|-------------------|
| 34. Китъ. | 41. Гидра. |
| 35. Орионъ. | 42. Кубокъ. |
| 36. Рѣка Ериданъ. | 43. Вранъ. |
| 37. Заяць. | 44. Ценпавръ. |
| 38. Песъ. | 45. Волкъ. |
| 39. Проціонъ или гончая собака. | 46. Жершвенникъ. |
| 40. Корабль Арго. | 47. Южная Корона. |
| | 48. Южныя рыбы. |

Созвѣздія прибавленныя, Гевеліемъ.

- | | |
|--|----------------------|
| 1. Антиной. | 5. Церберъ. |
| 2. Гора Меналъ. | 6. Власы Вереникины. |
| 3. Охотничьи собаки, Астеріонъ и Хара. | 7. Ящерица. |
| 4. Камелопардъ. | 8. Рысь. |
| | 9. Щитъ Собіесскаго. |

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| 10. Секстантъ Ураніи. | 12. Малый преуголь- |
| 11. Малый Левъ. | никъ. |

Созвѣздія, прибавленныя Галлесомъ.

Въ Южной части.

- | | |
|-------------------|----------------------|
| 1. Голубь. | 5. Павлинь. |
| 2. Дубъ Карла II. | 6. Иппица Индейская. |
| 3. Журавль. | 7. Муха. |
| 4. Фениксъ. | 8. Хамелеонъ. |

Не считая сердца Карла II, которое онъ помѣстилъ на ожерельѣ Хары, одной изъ псовъ Гевеліа.

Созвѣздія Южныя.

Лакаля.

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1. Мастерская скульп- | 7. Компасъ. |
| птора. | 8. Пневматическая ма- |
| 2. Химическая печь. | шина. |
| 3. Астрономическіе ча- | 9. Секстантъ. |
| сы. | 10. Циркуль и кругъ. |
| 4. Ромбоидальная свѣ- | 11. Наугольникъ и ли- |
| тка. | нейка. |
| 5. Рѣзецъ гравера. | 12. Телескопъ. |
| 6. Спидокъ живописца. | 13. Микроскопъ. |

- | | |
|---------------------|----------------------|
| 14. Гора столовая. | 16. Крестъ (Сей пос- |
| 15. Большое и малое | лѣдній Г. Ройера). |
| облако. | |

Бейера.

- | | |
|----------------------|-------------------|
| 1. Индеецъ. | 7. Павлинъ. |
| 2. Журавль. | 8. Туканъ. |
| 3. Фениксъ. | 9. Гидра. |
| 4. Пчела или муха. | 10. Дорада. |
| 5. Юж. треугольникъ. | 11. Лепучая рыба. |
| 6. Райская Птица. | 12. Хамелеонъ. |

Созвѣздія новѣйшія.

Олень	Лемоньера.
Пустышникъ	Его же.
Мессіеръ	Лаланда.
Волъ Полятовскаго	Поццебута.
Чеснь Фридриха	Боде.
Скиптръ Бранденбургскій	Его же.
Гершелевъ телескопъ	Его же.
Воздушный шаръ	Его же.
Стенной квадрантъ	Его же.
Копъ	Его же.
Лагъ	Его же.
Арфа Георга	Геля.

§. 35. Сверхъ неподвижныхъ звѣздъ, взоръ нашъ встрѣчаетъ на небесномъ сводѣ свѣтлую полосу блѣднаго цвѣта и неправильной фигуры, называемую обыкновенно *млечнымъ путемъ*, кою разливается подобно рѣкѣ и идетъ чрезъ все небо. Замѣчаютъ также во многихъ мѣстахъ неба небольшія бѣлизны (Nebulae), изъ коихъ многія кажутся одинаковаго свойства съ млечнымъ путемъ. Въ хорошіе телескопы открываютъ въ нѣкоторыхъ изъ нихъ, какъ и въ млечномъ пути, безчисленное множество весьма малыхъ звѣздъ; другіе же представляются только бѣлыми пятнами: можетъ быть, по причинѣ величайшаго удаленія оныхъ отъ насъ, свѣтъ звѣздъ, группы сіи составляющихъ, сливается.

§. 36. Древніе еще чувствовали важность составленія звѣзднаго каталога. Плиній съ удивленіемъ говоритъ о каталогѣ Гиппарха, кою передалъ намъ Птоломеемъ, въ сочиненіи называемомъ *Алмагестъ*, въ числѣ 1022 звѣздъ. Изъ древнихъ занимались также опредѣленіемъ положенія звѣздъ *Ераносментъ*, *Албанегніусъ*, кою 783 года спу-

тя послѣ Птолемея повѣрялъ положенія нѣсколькихъ звѣздъ; Улугъ—Бекъ, Князь Татарскій, составилъ намъ каталогъ, заключающій въ себѣ почти все звѣзды Птолемея, приведенный къ 1437-му году. Потомъ многіе Астрономы среднихъ и новыхъ вѣковъ съ великою дѣятельностію занимались симъ предметомъ и лучшіе изъ новѣйшихъ каталоговъ суть:

1. Волласпона, который собралъ въ одномъ все каталоги предшесивующихъ ему Астрономовъ, начиная съ Гевелія.

2. Каталогъ Ле-Франсе—Лаланда, заключающій въ себѣ 50000 звѣздъ, и основанный весь на наблюденіяхъ или его собственнхъ, или дяди его, извѣстнаго Іеронима Лаланда.

3. Боде, который въ каталогъ своею соединилъ каталогъ Фламштеда и наблюденія южныхъ созвѣздіи Лакаля. Онъ заключаетъ въ себѣ положенія 17240 звѣздъ, приведенныхъ къ 1801-му году.

4. Каталогъ Пиацци, заключающій въ себѣ 7000 звѣздъ, и основанный на собственнхъ

его наблюденіяхъ, дѣланныхъ подъ прекраснымъ небомъ Сициліи, съ отличнымъ инструментомъ и съ превосходными инструментами. Онъ приведенъ къ 1800 - му году, и называется: *Præcipuarum stellarum inerrantium positiones mediae incunte seculo XIX.*

§. 37. Хотя мы сказали, что взаимное положеніе звѣздъ не измѣняется, но сравненіе звѣздныхъ положеній, опредѣленныхъ въ разные эпохи времени, показало намъ различныя измѣненія оныхъ, впрочемъ весьма медленныя и просному глазу непримѣнныя. Во-первыхъ звѣзды перемѣняютъ нѣсколько свое положеніе въ отношеніи къ равноденственнымъ точкамъ, такъ что широты ихъ почти не измѣняются, а долготы всѣхъ вообще звѣздъ увеличиваются на $50''$ въ годъ. Таковое общее и согласное движеніе всего звѣзднаго неба, подало Копернику поводъ изъяснить оное круговымъ движеніемъ полюсовъ экватора около полюсовъ эклиптики отъ Востока къ Западу.

Въ такомъ случаѣ равноденственные точки должны описывать по эклиптикѣ также отъ Востока къ Западу на $50''$ въ годъ, не из-

мѣняя косвенности эклиптики. Сіе опису-
пательное движеніе точекъ пересѣченія экли-
птики съ экваторомъ подтверждено многими
наблюденіями, и называется *упрежденіемъ рав-*
ноденственныхъ точекъ (Précession des équi-
poxes). Брайлей открылъ, что полюсъ эква-
тора сверхъ круговаго движенія, коимъ изъ-
ясняется упреженіе равноденственныхъ то-
чекъ, имѣетъ еще другое періодическое дви-
женіе, въ слѣдствіе коего полюсъ въ 18 лѣтъ
описываетъ эллипсъ, коего большая ось
представляетъ намъ подъ угломъ $19^{\circ}, 50$, а
меньшая подъ угломъ $14^{\circ}, 36$: движеніе сіе,
извѣстное, подъ именемъ *нутаціи* (Nutation),
можно назвать на Россійскомъ языкѣ *коле-*
баніемъ земной оси.

§. 38. Знаменитый наблюдатель, коему Ас-
трономія обязана открытіемъ нутаціи, пока-
залъ намъ еще другое кажущееся движеніе не-
подвижныхъ звѣздъ. Оно слѣдуетъ совершен-
но другимъ законамъ, нежели предъидущія и
періодъ онаго равняется времени обращенія
земли около солнца, или году. Сіе обстоя-
тельство подало Брайлею случай проникнуть

первыхъ заключаеися наибольшая важность; конечное относитсѣя къ сказуемому: блага, и оспальное можетъ быть опущено безъ нарушенія смысла.

Прохожій! иди въ Спарту, и возвѣсти ей, было начертано на скалѣ Термопильской, что мы пали здѣсь изъ повиновенія ея свѣтымъ законамъ. Тутъ четыре предложенія. Въ двухъ первыхъ заключаеися главный смыслъ; было начертано на скалѣ Термопильской, вспавлено для поясненія, и не состоить съ прочими въ грамматической связи; наконецъ оспальное предложеніе, начинающееся союзомъ: *что*, есть придаточное.

Изъ этихъ примѣровъ явствуетъ, что:

1. Простыя предложенія, въ составъ сложныхъ входящія, бывають различной важности.

2. Тѣ изъ нихъ, въ которыхъ заключаеися главный смыслъ, какъ: *я знаю, иди въ Спарту, и возвѣсти ей, чистая совѣсть и неутомимая дѣятельность на пользу ближнихъ суть величайшія блага, называющіяся главными.*

3. Тѣ, кои прибавляющія къ главнымъ для нихъ пополненія и распространенія, какъ: *что вы правы, какими человекъ можетъ пользоваться, что мы пали здѣсь и проч. именующіяся придаточными.*

4. Тѣ предложенія, кои вспавляющія для поясненія, не состоить въ связи съ прочими

что оно заключается въ довольно тѣсныхъ предѣлахъ. Въ послѣдствіи времени косвенность эклиптики начнетъ опять увеличиваться въ такомъ же порядкѣ, въ какомъ она уменьшалась, такъ что основываясь на однихъ постоянныхъ причинахъ, нынѣ дѣйствующихъ въ системѣ міра, можно положительно сказать, что экваторъ и эклиптика никогда не были и не будутъ на одной плоскости, а равнымъ образомъ уголъ между ими заключающійся, никогда не будетъ значительно превышать нынѣшнюю косвенность эклиптики.

§. 40. Движеніе сіе такъ медленно, и вліяніе его на положеніе свѣтилъ такъ мало, что его тогда только можно было бы опредѣлить съ точностію, еслибъ звѣзды не имѣли никакихъ другихъ движеній, кромѣ ихъ, кои происходятъ отъ измѣненія положенія эклиптики или экватора. Но съ ихъ поръ, какъ стали съ болѣею точностію опредѣлять положенія звѣздъ замѣчаютъ, что онѣ, почти всѣ, имѣютъ еще такъ называемыя *собственныя движенія*, кои нынѣ означаютъ во всѣхъ каталогахъ, какъ для прямого восхожденія,

такъ и для склоненія, подъ именемъ годовсего измѣненія. Не рѣшено, однакожь, дѣйствительно ли сн весьма медленныя движенія суть собственныя движенія, принадлежащія къ каждой звѣздѣ въ особенносн или они происходятъ отъ какой нибудь общей причины. Гершель и Прево приписываютъ причину сн частію измѣненію положенія солнца, которое, по ихъ мнѣнію, со всѣми подвластными ему планетами движется, приближаясь къ звѣздѣ δ созвѣздія Геркулеса. Моженъ бытъ направленіе сн есть касательное къ тому пути, оморый ксолнце, со всею своею планетною системою, совершаетъ около неизвѣстнаго еще намъ центра тяготѣнія. Но если нѣкоторыя звѣзды, по видимому, подтверждаютъ мысль сн, то другія, напротивъ, не удовлетворяютъ оной. Чшобъ совершенно удостовѣриться въ семъ, надобно бы было сравнивать наблюденія, дѣланныя въ разныя эпохи, относящія одна отъ другой на нѣсколько столѣтій. Наблюденія древнихъ, по несовершенству инструментовъ, ими употребляемыхъ, не приносятъ намъ, въ семъ отношеніи, ни какой пользы: и такъ должно пре-

доставить рѣшеніе сей важной задачи будущимъ вѣкамъ.

§. 41. Не давно замѣчено весьма любопытное явленіе въ звѣздахъ, такъ называемыхъ *двойными*, подъ именемъ коихъ разумѣются двѣ звѣзды, столь близкія между собою, что въ трубы, не имѣющія большого увеличиванія, обѣ сливаются вмѣстѣ и кажутся одною звѣздою. Знаменитый Бессель первый обратилъ на оныя вниманіе Астрономовъ. Онъ показалъ, что двойныя звѣзды, дѣйствую одна на другую, составляютъ между собою какъ бы особенныя системы. Въ самомъ дѣлѣ одинакое собственное движеніе такихъ звѣздъ показываетъ, что близость ихъ не есть видимая, могущая произойти только отъ малости угла, заключающагося между ихъ линіями зрѣнія. Въ такомъ случаѣ трудно было бы понять одинаковость собственного движенія, какъ въ прямое восхожденіе, такъ и въ склоненіе, примѣченное въ каждой парѣ двойныхъ звѣздъ. Больше всего утвердила Бесселя въ семъ мѣнѣи двойная звѣзда въ созвѣздіи Лебедя, означенная въ каталогѣ

«Фламингеда цифрою 61. Сія двѣ звѣзды, отстоящія одна отъ другой на $60''$, движутся съ одинакою и весьма большою скоростію около общаго имъ центра тяжести, что ясно доказываешь, что они дѣйствуютъ другъ на друга взаимною силою тяготѣнія. Нынѣ занимаются симъ предметомъ съ особеннымъ тщаніемъ Спруе, Саутъ и Гершель, и открыли уже много шакowychъ звѣздныхъ системъ, кои заключаютъ въ себѣ, не только по двѣ, но по нѣскольку звѣздъ, оказывающихъ взаимное дѣйствіе тяготѣнія, часто на весьма большое пространство, наприм. система звѣзды пятой величины δ Оріона состоитъ изъ шести звѣздъ, изъ коихъ одна отстоитъ отъ главной звѣзды на $8'$.

§. 42. Есть еще звѣзды, называемыя *перемѣнными*, кои періодически измѣняютъ свѣтъ свой, не перемѣняя мѣсто свое на небѣ; какъ напримѣръ, перемѣнная звѣзда Киша въ печенѣи 333 и 334 дней измѣняетъ свѣтъ свой отъ второй до десятой величины. Альголь, или глава Медузы въ 2 дни $48'$ и $49'$ перемѣняетъ свѣтъ свой отъ второй до четвертой

или пятой величины. Иныя появляются, доходятъ до весьма значительнаго блеска, и послѣ, уменьшая оный постепенно, совершенно исчезаютъ: таковыя звѣзды называются нѣкоторыми Астрономами *новыми звѣздами*. Самая примѣчательнѣйшая изъ сихъ послѣднихъ есть звѣзда, явившаяся въ 1572 году въ созвѣздіи Кассіопеѣ. Въ короткое время она превзошла блескомъ своимъ не только самыя большія звѣзды, но даже Юпитера; послѣ того свѣтъ ея началъ постепенно уменьшаться, и наконецъ, чрезъ 16 мѣсяцевъ послѣ ея открытія, совершенно исчезла, и болѣе уже не появлялась. Въ продолженіи всего времени, какъ она была видима, мѣсто ея на небѣ ни мало не перемѣнилось; между тѣмъ, какъ цвѣтъ перешелъ многія измѣненія. Сперва она была ярко-бѣлаго цвѣта, потомъ красновато-желтаго и наконецъ бѣлаго пепельнаго цвѣта. Причина сего явленія еще неизвѣстна. Мнѣнія нѣкоторыхъ Астрономовъ, кои старались объяснить оное, такъ еще невѣроподобно, что нельзя объясненія ихъ считатьъ неоспоримыми.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

ОБЪ УПРЕЖДЕНИИ РАВНОДЕНСТВЕН-
НЫХЪ ТОЧЕКЪ И О КОЛЕБАНИИ
ЗЕМНОЙ ОСИ.

§. 43. Брайлей представляетъ упрежде-
ние равноденственныхъ точекъ и колебаніе земной
оси слѣдующимъ образомъ:

Истинный полюсъ экватора движется на
эллипсѣ *bsrae* (фиг. 5), касательномъ къ
своду небесному, около центра *P*, называема-
го среднимъ полюсомъ; а центръ сей движені-
я, съ равномерною скоростью по кругу
APB, параллельному съ плоскостію эклипти-
ки. Оба сіи движенія, изъ коихъ первое
представляетъ нутацію, а второе прецессию,
совершающуюся въ противоположную сторону поряд-
ка градусовъ долготы и при томъ такимъ
образомъ, что большая ось эллипса нутаціи
имѣетъ направленіе къ полюсу эклипти-
ки. Брайлей не ограничился тѣмъ, что
показалъ видъ движенія истиннаго полюса
экватора, но опредѣлить и величину его. Онъ

замѣнили, что движеніе сіе находится въ зависимости съ движеніемъ луны.

Чтобъ лучше изъяснить сіе мы должны мимоходомъ сказать, что луна имѣетъ собственное свое движеніе, которое она совершаетъ на плоскости, проходящей чрезъ центръ земли и наклоненной къ эклиптикѣ. Продолженіе сей плоскости до свода небеснаго составляетъ на ономъ большой кругъ, который пересѣкаетъ кругъ эклиптики въ двухъ точкахъ, называемыхъ *узлами*. Тотъ изъ сихъ узловъ, гдѣ луна, вступивъ на плоскость эклиптики, переходитъ къ сѣверу называемся *восходящимъ узломъ* (Ω); а противоположный *нисходящимъ узломъ* (ϑ). Узлы сіи измѣняютъ свое мѣсто на эклиптикѣ и совершаютъ на оной опистонапельное движеніе, пробѣгая цѣлый кругъ въ 18 лѣтъ, то есть совершенно въ то же время, въ какое испинный полюсъ экватора описываетъ еллипсисъ нупаціи. Сіе-то совершенное равенство періодовъ колебаній земной оси и движенія лунныхъ узловъ показало Брадлею связь между сими двумя движеніями, и онъ открылъ слѣ-

дующій законъ, служащій для опредѣленія мѣста истиннаго полюса экватора.

Вообразимъ на плоскости эллипсеа нутаціи кругъ $bdqa$, имѣющій діаметромъ большую ось эллипсеа, и представимъ себѣ въ плоскости сего круга подвижный радіусъ, который бы въ то время, когда восходящій узелъ луны находится въ точкѣ весенняго равноденствія, соответствовалъ половинѣ большой оси, ближайшей къ эклиптикѣ, и совершалъ бы въ ономъ кругѣ равномерное движеніе, согласно съ отступательнымъ движеніемъ восходящаго узла луны. Въ такомъ случаѣ сей подвижный радіусъ во всякомъ положеніи, на примѣръ, Pq будетъ соснавлишь съ полуосью Pa уголъ всегда равный долготѣ восходящаго узла луны. Если же изъ конечности q сего радіуса проведемъ на большую ось эллипсеа нутаціи перпендикулярную линію, то она пересѣчетъ сей эллипсисъ въ точкѣ p , гдѣ долженъ находиться истинный полюсъ.

§. 44. Теорія основанная на всеобщемъ тяготѣніи, открытіемъ коего новѣйшая Астро-

номія обязана Невтону, подтвердила истину Брадлеева закона и показала причину явленія, къ которому законъ сей относится. Она показала, что упрежденіе равноденственныхъ точекъ и колебаніе земной оси происходятъ отъ дѣйствія притяженія солнца и луны на поверхность земнаго сфероида. Еслибъ земля наша была совершенный шаръ, тогдабъ оба сіи явленія не существовали; но какъ известно, что планета, нами обитаемая, есть сфероидъ, сжатый у полюсовъ и возвышенный у экватора, близко подходящій къ эллипсоиду отъ обращенія, и поелику солнце и луна совершаютъ свое поступательное движеніе на плоскостяхъ, наклоненныхъ къ плоскости экватора, то совокупная сила притяженія сихъ свѣтилъ, дѣйствуя болѣе на возвышенный экваторъ, нежели на сжатый полюсъ, при суточномъ движеніи земли, производитъ упрежденіе равноденственныхъ точекъ. Притяженіе луны на земной экваторъ дѣйствуетъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ болѣе уголъ наклоненія плоскости луннаго пути къ плоскости экватора. Еслибъ наклоненіе сіе было постоянно какъ косвенность склинишки, то

упрежденіе равноденственныхъ почекъ не претерпѣвало бы никакихъ измѣненій, и нутаціи бы не было; но какъ пупъ лунный, наклоненный подъ постояннымъ угломъ къ эклиптикѣ, дѣлаетъ съ плоскостію экватора уголъ, который измѣнялся отъ $18\frac{1}{2}$ до $28\frac{1}{2}$ град., но сіе измѣненіе и производитъ колебаніе земной оси. Явленіе сіе зависить отъ долгоны восходящаго узла луны, попому что и самая переменна наклоненія луннаго пупа къ экватору происходитъ отъ измѣненія сей долгоны узла. Доказательство всего нами здѣсь сказаннаго принадлежитъ къ Физической Астрономіи, почему въ сей главѣ мы займемся только вліяніемъ сихъ измѣненій на положеніе звѣздъ, какъ въ отношеніи къ эклиптикѣ, такъ и въ отношеніи къ экватору, не выпуская изъ виду и вѣковое измѣненіе косвенности эклиптики.

§. 45. Займемся сперва упрежденіемъ равноденствій и вѣковымъ измѣненіемъ косвенности эклиптики. Чинобъ яснѣе представить себѣ сіи движенія надобно ихъ описать къ какой нибудь посполшой плоскости: луч-

ше всего выбрать на сей конецъ эклиптику для какого нибудь опредѣленнаго времени. Положимъ, что сія постоянная эклиптика будетъ EVV' (фиг: 6): Астрономы обыкновенно принимаютъ для сего эклиптику для начала 1750 года, прославленнаго трудами Лакаля. Пусть въ сіе время положеніе экватора будетъ VQ , следовательно, V точка весенняго равноденствія, такъ что долгоны считаются отъ V къ E , а прямая восхожденія отъ V къ Q . По прошествіи отъ сей эпохи t лѣтъ произойдутъ, за исключеніемъ колебанія земной оси происходящаго отъ переменнаго наклоненія лунной орбиты къ эклиптикѣ, слѣдующія измѣненія въ положеніи экватора и эклиптики: 1) Отъ приращенія солнца и луны на сферичность земли произойдетъ опустательное движеніе равноденственной точки V на плоскости постоянной эклиптики $V'VE$. Положимъ, что при семъ случаѣ экваторъ VQ приметъ положеніе $V'Q'$, то дуга VV' называется солнцелунное упрежденіе (*précession lunisolaire*). 2) Отъ приращенія планетъ, дѣйствующихъ на центръ земли, эклиптика чрезъ t лѣтъ пос-

въ 1750-го года приметъ другое положеніе и пересѣчетъ экваторъ въ другой точкѣ и подъ другимъ угломъ, нежели прежде. Положимъ что сіе новое положеніе эклиптики для $1750+t$ года будетъ $E'NV''$, то она пересѣчетъ экваторъ, того же $1750+t$ года $V'V''Q'$, въ точкѣ V'' , которая будетъ новая, истинная равноденственная точка. Такимъ образомъ долгоны должно уже будетъ считатьъ отъ V'' къ E' , а прямыя восхожденія отъ V'' къ Q' . 3) Поскольку такимъ образомъ наклоненіе истинной эклиптики къ истинному экватору $E'V'Q'$, а вмѣстѣ съ симъ и приращеніе солнца и луны на сферондальность земли будетъ измѣняться, то въ положеніи экватора произойдетъ родъ весьма медленнаго колебанія, подобно нутаціи.

§. 46 Бессель, основываясь на теоріи Лапласа, изложенной въ III части его Небесной Механики, изъ наблюдений Брадлея и Пиацци, нашелъ для $1750+t$ года слѣдующія величины:

$$\psi = 50''.340499 \quad t - 0''.0001217945 \quad t^2$$

$$\psi_1 = 50''.176068 \quad t + 0''.0001221483 \quad t^2.$$

$$\nu = 23^\circ.28'.18''.0 + 0''.00000981253 \quad t^2.$$

$v = 23^\circ.28'.18''.0 - 0''.48368t - 0''.00000272295t^2$,
 гдѣ $\psi = NV' - NV = VV'$, $\psi_1 = NV'' - NV$
 $v = EV'Q'$, $v_1 = E'V''Q'$.

Если положимъ $NV = \Pi$, $ENE' = \pi$ и
 $V'V'' = \lambda$, то изъ формулъ

$$\operatorname{tang} \frac{\pi}{2} \sin \left(\Pi + \frac{\psi + \psi_1}{2} \right) = \sin \frac{\psi - \psi_1}{2} \operatorname{tang} \frac{v_1 + v}{2}$$

$$\operatorname{tang} \frac{\pi}{2} \cos \left(\Pi + \frac{\psi + \psi_1}{2} \right) = \cos \frac{\psi - \psi_1}{2} \operatorname{tang} \frac{v_1 - v}{2}$$

$$\operatorname{tang} \frac{\lambda}{2} \cos \frac{v_1 + v}{2} = \operatorname{tang} \frac{\psi - \psi_1}{2} \cos \frac{v_1 - v}{2},$$

разложивъ Π , π и λ по степенямъ отъ t ,
 найдемъ слѣдующія для величинъ сихъ значенія:

$$\Pi = 171^\circ. 56'.10'' - 5'',18 t$$

$$\pi = 0''. 48892 t - 0''. 0000030719 t^2$$

$$\lambda = 0''. 17926 t - 0''. 0002660394 t^2.$$

§. 47. Теперь, зная долготу и широту или
 прямое восхожденіе и склоненіе для какого
 нибудь известнаго времени, чѣмъ сыскать
 долготу и широту или прямое восхожденіе
 и склоненіе для другаго даннаго времени, поло-
 жимъ, что L и B будутъ долгота и широта

1750 года; l и b долгота и широта 1750+ t года; l' и b' долгота и широта 1750+ t' года; но получимъ

$$\text{tang}(L - \Pi) = \text{tang}(l - \Pi - \psi_1) \cos \pi - \frac{\text{tang } b \sin \pi}{\cos(l - \Pi - \psi_1)}$$

$$\sin B = \sin b \cos \pi + \cos b \sin(l - \Pi - \psi_1) \sin \pi$$

и

$$\text{tang}(l' - \Pi' - \psi'_1) = \text{tang}(L - \Pi) \cos \pi' + \frac{\text{tang } B \sin \pi'}{\cos(L - \Pi')}$$

$$\sin b' = \sin B \cos \pi' - \cos B \sin(L - \Pi') \sin \pi'.$$

Изъ сихъ уравненій зная l , b найдутся сперва L и B , а потомъ l' , b' . Формулы сін точны, но если времена t и t' не будутъ превосходить двухъ или трехъ столѣтій, тогда величины π и π' будутъ такъ малы, что высшія степени оныхъ можно пренебречь, и тогда изъ предъидущихъ формулъ найдутся приближенныя для 1750+ t' года

$$b' = B - \pi' \sin(L - \Pi')$$

$$l' = L + \psi'_1 + \pi' \text{ tang } B \cos(L - \Pi') :$$

разнымъ образомъ и для 1750+ t года

$$b = B - \pi \sin(L - \Pi)$$

$$l = L + \psi_1 + \pi \text{ tang } B \cos(L - \Pi).$$

Откуда съ достаточною точностію найдемъ

$$l' = l + (\psi' - \psi) + (\pi' - \pi) \operatorname{tang} b \cos A$$

$$b' = b - (\pi' - \pi) \sin A,$$

гдѣ $A = L - \frac{1}{2} (\Pi + \Pi').$

Вспомнивъ сюда вмѣсто ψ , π и Π вышенайденныя ихъ величины получимъ

$$l' = l + (l' - l)(50'', 176068 + (t + t')0'', 0001221458)$$

$$+ (l' - l)(0'', 48892 - (l' + l)0'', 0000050719) \cos A \operatorname{tang} b.$$

$$b' = b - (l' - l)(0'', 48892 - (l' + l)0'', 0000050719) \sin A$$

гдѣ

$$A = l - 171^\circ 56' 10'' - 50''.176l + 5''.18 \left(\frac{t' + t}{2} \right)$$

§. 48. Числѣмъ сыскавъ склоненіе и прямое восхожденіе δ' и ϱ' для $1750 + t'$ года, зная склоненіе и прямое восхожденіе δ и ϱ для $1750 + t$ года, получимъ слѣдующія формулы

$$\left. \begin{aligned} \cos \delta' \cos (\varrho' + \lambda') &= \cos B \cos (L + \psi') \\ \cos \delta' \sin (\varrho' + \lambda') &= \cos B \sin (L + \psi') \cos v' - \sin B \sin v' \\ \sin \delta' &= \cos B \sin (L + \psi') \sin v' + \sin B \cos v' \end{aligned} \right\} I$$

II

$$\left. \begin{aligned} \cos B \cos (L + \psi) &= \cos \delta \cos (\varrho + \lambda) \\ \cos B \sin (L + \psi) &= \cos \delta \sin (\varrho + \lambda) \cos v + \sin \delta \sin v \\ \sin B &= -\cos \delta \sin (\varrho + \lambda) \sin v + \sin \delta \cos v \end{aligned} \right\} II$$

гдѣ ψ' , λ' и v' суть тѣ же величины для 1750+ t' года какія ψ , λ и v для 1750+ t года.

И такъ зная δ и ϱ , и найдя изъ уравненій (2) B и L , получимъ изъ уравненій (1) δ' и ϱ' .

§. 49. Дифференцируя уравненія (1) и (2) и отбросивъ вторыя и высшія степени отъ λ , а равнымъ образомъ и члены, помноженные на квадратъ отъ t , получимъ слѣдующія приближенныя формулы для вліянія упрежденія равноденственныхъ почекъ и вѣковаго измѣненія наклоненія эклиптики къ экватору на прямое восхожденіе и склоненіе:

$$\frac{d\varrho}{dt} = -\frac{d\lambda}{dt} + \frac{d\psi}{dt} (\cos v + \sin v \operatorname{tang} \delta \sin \varrho) \\ + \left(\frac{d\psi}{dt} \lambda \sin v - \frac{dv}{dt} \right) \operatorname{tang} \delta \cos \varrho$$

$$\frac{d\delta}{dt} = \frac{d\psi}{dt} \sin v \cos \varrho - \left(\frac{d\psi}{dt} \cdot \lambda \sin v - \frac{dv}{dt} \right) \sin \varrho.$$

Но какъ $\frac{d\psi}{dt} \cdot \lambda \sin v - \frac{dv}{dt}$, даже и для полярной звѣзды равняется только величинѣ 0",00000026 t , то члены помноженные на сію величину можно пренебречь: тогда найдется

$$\frac{d\rho}{dt} = m + n \operatorname{tang} \delta \sin \rho$$

$$\frac{d\delta}{dt} = n \cos \rho,$$

гдѣ

$$m = \frac{d\psi}{dt} \cos v - \frac{d\lambda}{dt} = 15''.99592 + 0''.0003086450t$$

$$n = \frac{d\psi}{dt} \sin v = 20''05039 - 0''.0000970204 t.$$

Если же надобно будетъ, при опредѣленіи дѣйствія упрежденія равноденственныхъ точекъ на прямое восхожденіе и склоненіе, обратить вниманіе и на члены зависящія отъ квадрата времени, то, положивъ что ρ и δ будутъ прямое восхожденіе и склоненіе для времени T , а ρ' и δ' прямое восхожденіе и склоненіе для времени $T+t$, по Тайлеровой теоремѣ получимъ

$$\rho' = \rho + \frac{d\rho}{dt} \cdot t + \frac{d^2\rho}{dt^2} \frac{t^2}{1.2} + \dots \text{и т. д.}$$

$$\delta' = \delta + \frac{d\delta}{dt} \cdot t + \frac{d^2\delta}{dt^2} \frac{t^2}{1.2} + \dots \text{и т. д.}$$

а изъ предъидущаго

$$\frac{d\rho}{dt} = m + n \operatorname{tang} \delta \sin \rho$$

$$\frac{d\delta}{dt} = n \sin \varrho$$

по дифференцированию найдемъ

$$\frac{d^2 \varrho}{dt^2} = \frac{dm}{dt} + \sin \varrho \operatorname{tang} \delta \frac{dn}{dt} + m \cos \varrho \operatorname{tang} \delta + n^2 \sin 2\varrho \operatorname{tang}^2 \delta + \frac{1}{2} n^2 \sin 2\varrho$$

$$\frac{d^2 \delta}{dt^2} = \cos \varrho \frac{dn}{dt} - m n \sin \varrho - n^2 \sin^2 \varrho \operatorname{tang} \delta,$$

гдѣ

$$\frac{dm}{dt} = 0.0003086450$$

$$\frac{dn}{dt} = - 0.0000970204.$$

§. 50. Теперь приступимъ къ опредѣленію вліянія колебанія земной оси на положеніе свѣтила небесныхъ. Изъ вышеизъясненнаго нами въ § 43. закона, опредѣляющаго мѣсто истиннаго полюса экватора, на фигурѣ 5 увидимъ, что E_p будетъ истинное наклоненіе эклиптики къ экватору, и если $VEP = V'E_p = 90$, то пересѣченіе дугъ EV' и EV съ экваторомъ будутъ почки истиннаго и средняго равноденствія, $V'EV = P'E_p = dl$ будетъ измѣненіе долготы l , а $E_p - EP = de$ измѣне-

іе косвенности эклиптики. Положимъ, что
 $a = Pa$, $b = Pf$, $oq = z$, $op = y$, $oP = x$, то, такъ
 какъ уголъ qPo — долгота восходящаго узла
 луны. $= \Omega \mathcal{C}$, получимъ

$$\frac{z}{x} = \operatorname{tang} \Omega \mathcal{C}.$$

Изъ уравненія круга будетъ

$$z = \sqrt{a^2 - x^2},$$

а изъ уравненія эллипсиса

$$y = \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2}$$

сѣдовательно $\frac{y}{z} = \frac{b}{a};$

но какъ $x = a \cos \Omega \mathcal{C}$, $z = a \sin \Omega \mathcal{C}$, то
 $y = b \sin \Omega \mathcal{C}$.

Изъ сферическаго треугольника oEr найдемъ

$$\cos (e + de) = \cos y \cos (e + x)$$

$$\operatorname{tang} dl = \frac{\operatorname{tang} y}{\sin (e + x)},$$

но какъ x , y , de и dl суть величины весьма малыя, то будетъ

$$de = x$$

$$dl = \frac{y}{\sin e},$$

куда вставивъ вмѣсто x и y ихъ значенія получимъ

$$de = a \cos \Omega \mathcal{Q}$$

$$dl = \frac{b \sin \Omega \mathcal{Q}}{\sin e}.$$

Если восходящій узелъ луны будетъ въ первой четверти круга, послѣ точки весенняго равноденствія, то средняя косвенность эклиптики увеличится, а средняя долгота уменьшится, слѣдовательно надобно написать такъ

$$de = a \cos \Omega \mathcal{Q}$$

$$d\lambda = -\frac{b \sin \Omega \mathcal{Q}}{\sin e}$$

по наблюденіямъ опредѣлено $a = 9'', 65$, $b = 7'', 18$, и такъ, положивъ $e = 23^\circ. 28'$, найдемъ

$$de = + 9'', 65 \cos \Omega \mathcal{Q}$$

$$dl = - 18'', 03 \sin \Omega \mathcal{Q}$$

§. 51. Чтобъ опредѣлить измѣненіе склоненія и прямого восхожденія отъ колебанія зем-

пой осп, положимъ (фиг: 5) S будетъ мѣсто
звѣзды, δ и ϱ среднее склоненіе и прямое вос-
хожденіе, δ' и ϱ' истинное склоненіе и прямое
восхожденіе, то будетъ $EPS=90^\circ+\varrho$, $PS=$
 $90^\circ-\delta$; $EP'S=90^\circ+\varrho'$, $SP'=90^\circ-\delta'$. Назовемъ
уголъ $SP'P$ буквою A , а весьма малую дугу Pp
буквою r , то изъ треугольника $SP'p$ найдемъ

$$\sin \delta' = \sin \delta \cos r + \sin r \cdot \cos \delta \sin (\varrho - A),$$

откуда, по малости величинъ r и $\delta' - \delta = d\delta$,
получимъ

$$\sin \delta' = \sin \delta + r \cos \delta \sin (\varrho - A)$$

или $d\delta = r \sin (\varrho - A)$.

Изъ того же треугольника, положивъ $EP'P = B$,
получимъ

$$\cos (B - \varrho') : \cos (\varrho - A) = \cos \delta : \cos \delta'.$$

Отсюда найдемъ

$$\frac{\cos (B - \varrho') - \cos (\varrho - A)}{\cos (B - \varrho') + \cos (\varrho - A)} = \frac{\cos \delta - \cos \delta'}{\cos \delta + \cos \delta'}$$

или

$$\begin{aligned} \operatorname{tang} \left\{ \frac{\varrho' + \varrho}{2} - \frac{A + B}{2} \right\} \cdot \operatorname{tang} \left\{ \frac{\varrho' - \varrho}{2} + \frac{A - B}{2} \right\} = \\ = -\operatorname{tang} \frac{\delta' + \delta}{2} \cdot \operatorname{tang} \frac{\delta' - \delta}{2}, \end{aligned}$$

а по малости величинъ $\delta' - \delta = d\delta$, $\varrho' - \varrho = d\varrho$ и
 $A - B$ будетъ

$$[d\rho + A - B] \operatorname{tang} (\rho - A) = -d\delta \cdot \operatorname{tang} \delta,$$

куда вставимъ въѣсно $d\delta$ найденное выше его значеніе получимъ

$$d\rho = -(A - B) - r \operatorname{tang} \delta \cos (\rho - A).$$

Теперь надобно найти величины r , A и $A - B$. Для сего^{го}будемъ во-первыхъ

$$\operatorname{tang} A = \frac{y}{x} = \frac{b}{a} \cdot \frac{z}{x} = \frac{b}{a} \operatorname{tang} \Omega \zeta$$

и $x = r \cos A = a \cos \Omega \zeta$, а отсюда найдемъ $r \sin A = b \sin \Omega \zeta$. Изъ треугольника же PpE

$$\sin A : \sin B = \sin (e + de) : \sin e$$

$$\text{или } \frac{\sin A - \sin B}{\sin A + \sin B} = \frac{\sin(e + de) - \sin e}{\sin(e + de) + \sin e}$$

$$\frac{\operatorname{tang} \frac{1}{2} (A - B)}{\operatorname{tang} \frac{1}{2} (A + B)} = \frac{\operatorname{tang} \frac{1}{2} de}{\operatorname{tang} (e + \frac{1}{2} de)},$$

а по малости величинъ $A - B$ и de будемъ

$$A - B = de \cot e \operatorname{tang} A,$$

слѣдовательно измѣненія склоненія и прямого восхожденія будутъ

$$d\delta = r \sin (\rho - A)$$

$$d\rho = -de \cot e \operatorname{tang} A - r \operatorname{tang} \delta \cdot \cos (\rho - A),$$

гдѣ

$$\operatorname{tang} A = \frac{b}{a} \operatorname{tang} \Omega \zeta$$

$$r = \frac{a \cos \Omega \zeta}{\cos A} = \frac{b \sin \Omega \zeta}{\sin A}.$$

Развернувъ послѣднія формулы для измѣненій $d\delta$ и $d\rho$, и вставивъ вмѣсто de , $r \cos A$ и $r \sin A$ ихъ значенія $a \cos \Omega \zeta$ и $b \sin \Omega \zeta$, получимъ

$$d\delta = -b \sin \Omega \zeta \cos \rho + a \cos \Omega \zeta \sin \rho$$

$$d\rho = -(b \sin \Omega \zeta \sin \rho + a \cos \Omega \zeta \cos \rho) \operatorname{tang} \delta$$

$$- b \sin \Omega \zeta \cot e.$$

§. 52. Теорія показываетъ, однакожъ, что

$$dl = -18'',05 \sin \Omega \zeta - 1'',13 \sin 2 \odot - 0'',22 \sin 2 \zeta$$

$$de = 9'',65 \cos \Omega \zeta + 0'',49 \cos 2 \odot + 0'',09 \cos 2 \zeta$$

$$- 0'',1909 \cos 2 \Omega \zeta,$$

гдѣ $\odot, \zeta$ суть долготы солнца и луны. Здѣсь, кромѣ выше сего найденныхъ членовъ, только нѣсколько примѣшны, кои зависящъ отъ косинуса двойной долготы солнца; слѣдовательно для большой точности нужно только прибавить къ измѣненіямъ долготъ и косвенности эклиптики выраженія

$$-1'',13 \sin 2 \odot$$

$$+0'',49 \cos 2 \odot.$$

Вліяніє сихъ членовъ на прямое восхожденіе и склоненіе найдемся, если въ предыдущихъ формулахъ придадимъ значенія: къ $d\delta$

$$-b' \sin 2\odot \cos \varrho + a' \cos 2\odot \sin \varrho,$$

а къ $d\varrho$

$$-b' \sin 2\odot \cot e - (a' \cos \varrho \cos 2\odot + b' \sin \varrho \sin 2\odot) \tan \delta,$$

гдѣ

$$b' = 1', 15 \sin e$$

$$a' = 0'', 49.$$

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ОБЪ ОТСТУПЛЕНІИ СВѢТА

§. 55. Глазъ нашъ получаетъ двойное впечатлѣніе свѣта, распространяемаго небесными свѣтилами: первое происходитъ отъ скорости и направленія часиницъ свѣта, а второе отъ скорости и направленія глаза, который вмѣстѣ съ землею описываетъ около солнца 360° , въ продолженіи года, или въ 365, 2563835 дн. Если мы соединимъ въ понятіи нашемъ сіи два движенія, то правило разложенія скоростей приведетъ насъ къ заключенію, что свѣтила должны быть видны съ нашей планеты по

направленію составной изъ скоростей земли и свѣта. Явленіе въ природѣ, извѣстное подъ именемъ *отступленія свѣта*, или *абберраціи*, подтверждаетъ сіе умозаключеніе, и Астрономы примѣчаютъ, что по мѣрѣ какъ земля движется около солнца, всѣ неподвижныя звѣзды описываютъ небольшіе круги, коихъ полуокружности представляются намъ подъ угломъ $20''$, 255. Періодъ сего видимаго движенія совершенно равняется періоду движенія земли около солнца, то есть году, или 365, 2563855 дн., при томъ полуокружничекъ, проведенный изъ видимаго мѣста звѣзды къ центру круга ея описываемаго, всегда параллеленъ съ касательной линіей къ земному пути, проведенной чрезъ ту точку онаго, гдѣ земля находится. Все сіе совершенно сходствуеетъ съ теоріей параллелограмма силъ, на коей Механика основываетъ правило разложенія силъ и скоростей.

§. 54. Описательно къ неподвижнымъ звѣздамъ, Астрономы абберраціею, въ пѣсномъ смыслѣ, называютъ уголъ, заключающійся между направлениемъ составной скорости и ско-

рости свѣта, то есть уголъ при глазѣ, заключающійся между линіями, проведенными отъ онаго къ видимому и къ истинному мѣсту звѣзды, который всегда равняется $20''$, 255. Теперь посмотримъ, какое дѣйствіе явленіе сіе производитъ на положеніе неподвижныхъ звѣздъ, въ отношеніи къ какимъ нибудь плоскостямъ координатъ. Положимъ, что истинное и видимое мѣсто опредѣляются координатами x, y, z и x', y', z' , начало коихъ есть центръ земли, и пусть будутъ c, C, c' скорости свѣта, земли и составная изъ оныхъ, направленія коихъ, положимъ, дѣлаютъ съ осями x, y, z углы $X, Y, Z; U, V, W$ и $X' Y', Z'$.

Разложимъ оныя скорости параллельно съ осями координатъ, то получимъ изъ началъ Статьи

$$c' \cos X' = c \cos X + C \cos U$$

$$c' \cos Y' = c \cos Y + C \cos V$$

$$c' \cos Z' = c \cos Z + C \cos W.$$

Если r и r' будутъ отстоянія истиннаго и видимаго мѣста звѣзды отъ центра земли; β и β' углы, кои линіи r и r' дѣлаютъ съ

Дошли къ намъ Царскія слова,
И стала Русь стѣною трона;
Была то злая оборона:
Дрались за жизнь и за права....
Но загорѣлася Москва,
И нѣтъ слѣдовъ Наполеона.

Пришла пора: чудясь, узрѣли насъ
И Арарать, и Тавра великаны;
И близокъ былъ Стамбула смертный часъ;
Нашъ богатырь шагнулъ черезъ Балканы.

Знамена развернулъ мятежъ;
Насъ позвалъ Ляхъ на пиръ кровавый;
Но праздникъ данъ на полъ славы,
Гдѣ слѣдъ нашъ памятецъ и свѣжъ....
И гости пира были тѣжъ,
И та жъ была судьба Варшавы.

Трудна пора: Война и грозный Моръ
Царя и Русь отсюду осадили;
Народъ въ бѣдѣ ударилъ къ бунту сборъ;
Мятежники знамена посрамили;

Явился Царь: ихъ облилъ страхъ;
Губители оцѣпенѣли.
Но гдѣ жъ онъ самъ предъ кѣмъ не смѣли
Они возрѣть, и пали въ прахъ?.....
Новорожденный сынъ (*) въ рукахъ!
Его несеть онъ къ колыбели.

Покойся въ ней, прекрасное дитя,
Хранимое святыней колыбели;
Ты Божій даръ: Судьбину укротя,
Въ тебѣ съ небесъ къ намъ Ангелы слетѣли.

(*) Его ИМПЕРАТОРСКОЕ ВЫСОЧЕСТВО Государь
Великій Князь Николай Николаевичъ, родившійся 27 іюля
1831 года.

чаются раньше по мѣрѣ, какъ земля приближается къ Юпитеру и опаздываютъ, когда земля удаляется отъ сей планеты, такъ что разность времени наблюдений проецируется до $16'. 26'', 436$ на разстояніе равное двумъ поперечникамъ земной орбиты, изъ чего заключили, что свѣтъ пробѣгаетъ пространство равное среднему ошшою земли отъ солнца въ $8', 13'', 218$. Въ то же самое время земля, описывая около солнца 360° въ $365, 2563835$ дн., дѣлаетъ на своемъ пути дугу въ $20'', 255$, следовательно, если мы положимъ среднее разстояніе земли отъ солнца равнымъ единицѣ, то найдемъ, что содержаніе скорости земли къ скорости свѣта $k=20'', 255$.

§. 56. Разности $\alpha' - \alpha$, $\beta' - \beta$ суть такъ же весьма малыя величины, какъ и k , почему мы безъ всякой ошибки можемъ взять во второмъ уравненіи (1) $\cos \alpha' = \cos \alpha - (\alpha' - \alpha) \sin \alpha$. Помножимъ теперь оба уравненія (1) на

$$\cos \alpha \cos \beta + k \cos U,$$

то ограничиваясь всегда первыми степенями отъ весьма малыхъ величинъ $\alpha' - \alpha$, $\beta' - \beta$ и k , получимъ

$$\left. \begin{aligned} \alpha' - \alpha &= \frac{\kappa (\cos V \cos \alpha - \cos U \sin \alpha)}{\cos \beta} \\ \beta' - \beta &= \kappa (\cos \beta \cos W - \sin \alpha \sin \beta \cos V \\ &\quad - \cos \alpha \sin \beta \cos U) \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

§. 57. Изъ сихъ общихъ формулъ весьма легко найдемъ дѣйствіе описаннаго свѣта на долготу и широту звѣзды. Для сего нужно только положить, что плоскость xu есть плоскость эклиптики, и оси x, y, z проведены отъ центра земли къ почкамъ весенняго равноденствія, лѣтняго солнцестоянія и къ сѣверному полюсу эклиптики. Тогда будемъ α, β истинныя долготы и широты, кои мы назовемъ буквами l и b ; а α', β' видимыя долготы и широты, кои мы назовемъ буквами l' и b' ; сверхъ того будетъ

$$W = 90^\circ, \quad V = L - 180^\circ, \quad U = L - 90^\circ,$$

гдѣ L есть долгота солнца. Вспомнивъ все сіе въ общія формулы (2) получимъ

$$l' - l = - \frac{\kappa \cos (L - l)}{\cos b} = - 20'', 255 \cdot \frac{\cos (L - l)}{\cos b}$$

$$b' - b = - \kappa \sin b \sin (L - l) = - 20'', 255 \sin b \sin (L - l)$$

§. 58. Подобнымъ образомъ, чтобъ сыскать вліяніе описуемаго свѣта на прямое восхождение ρ и склоненіе δ , надобно положить, что плоскость xz есть плоскость экватора, и что оси x , y , z проведены отъ центра земли, первая къ точкѣ весенняго равноденствія; вторая къ точкѣ, гдѣ колюръ лѣтняго солнцестоянія пересѣкаетъ экваторъ, и третія къ сѣверному полюсу экватора: тогда будетъ $\alpha = \rho$, $\beta = \delta$, $\alpha' = \rho'$, $\beta' = \delta'$, гдѣ ρ' и δ' суть видимыя прямое восхождение и склоненіе звѣзды. Теперь слѣдуетъ только опредѣлить $\cos U$, $\cos V$ и $\cos W$. Для сего пусть будетъ (фиг: 7) γ точка весенняго равноденствія; P полюсъ экватора $\gamma Y \perp$, гдѣ ось Z пересѣкаетъ сводъ небесный; E полюсъ эклиптики $\gamma S \perp$; Y точка, гдѣ ось y пересѣкаетъ сводъ небесный, а S пересѣченіе сего свода съ касательною линіею къ земному нулю: тогда въ треугольникѣ $\gamma S Y$ будетъ уголъ $S \gamma Y =$ косвенности эклиптики e ; $S \gamma = U = L - 90$, какъ и въ предыдущемъ параграфѣ; $\gamma Y = 90^\circ$; $S Y = W$, и слѣдовательно

$$\cos U = \sin L$$

$$\cos V = -\cos L \cos e.$$

Въ треугольникѣ PSE будетъ $ES=90^\circ$,
 $EP=e$, уголъ $PES=180^\circ-L$, $SP=W$, и
 слѣдовательно

$$\cos W = -\cos L \sin e,$$

что вставивъ въ формулы (2) получимъ

$$\begin{aligned} \rho' - \rho &= -20'', 255 \frac{\cos e \cos \rho \cos L}{\cos \delta} \\ &= -20'', 255 \frac{\sin \rho \sin L}{\cos \delta} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta' - \delta &= -20'', 255. \sin e \cos \delta. \cos L, \\ &= -20'', 255. \sin \delta (\cos \rho \sin L - \cos e \sin \rho \cos L), \end{aligned}$$

Для удобства вычисленія симъ двумъ по-
 слѣднимъ формуламъ можно дать слѣдующій
 видъ

$$\begin{aligned} \rho' - \rho &= -\kappa \cos^2 \frac{1}{2} e \frac{\cos(\rho-L)}{\cos \delta} + \kappa \sin^2 \frac{1}{2} e \frac{\cos(\rho+L)}{\cos \delta} \\ \delta' - \delta &= \kappa \cos^2 \frac{1}{2} e \sin \delta \sin(\rho-L) - \kappa \sin^2 \frac{1}{2} e \sin \delta \sin(\rho+L) \\ &= \frac{\kappa}{2} \sin e \cos(L-\delta) - \frac{\kappa}{2} \sin e \cos(L+\delta), \end{aligned}$$

гдѣ нижній знакъ для южнаго склоненія,
 $\kappa=20'', 255$. Снъ два послѣднія уравненія удоб-
 нѣ предыдущихъ для расположенія въ
 таблицы.

§. 52. Суточное обращеніе земли около оси подобнымъ образомъ производимъ въ положеніяхъ свѣтила небольшое отступленіе. Дѣйствіе онаго, также получится изъ общихъ уравненій (2), гдѣ надобно положить, что S есть скорость круговаго обращенія наблюдателя на параллельномъ кругѣ. Такъ какъ направление сей скорости параллельно съ экваторомъ, то легче принять систему координатъ относительно къ сему послѣднему, такъ чтобъ плоскость xy была плоскостью экватора, ось x проведена къ точкѣ весенняго равноденствія, ось y къ точкѣ сошествіиствующей 90° прямого восхожденія, а ось z къ сѣверному полюсу, тогда получится $\alpha=0$, $\alpha'=\rho$, $\beta=\delta$, $\beta'=\delta'$, гдѣ ρ , ρ' истинное и видимое прямое восхожденіе, δ и δ' истинное и видимое склоненіе свѣтила; сверхъ того будетъ

$$W=0, V=A, U=90^\circ+A,$$

гдѣ A есть прямое восхожденіе зенита наблюдателя. Вставивъ все сіе въ общія формулы (2) получимъ измѣненія прямого восхожденія и склоненія, происходящія отъ сего рода отступленія

$$\varrho' - \varrho = k' \cdot \frac{\cos(A - \varrho)}{\cos \delta}$$

$$\delta' - \delta = k' \sin \delta \cdot \sin (A - \varrho).$$

§. 60. Теперь надобно только опредѣлить содержаніе скорости суточного движенія земли къ скорости свѣта $\frac{C}{c} = k'$, или, что все

равно, надобно найти дугу, какую описываетъ наблюдатель во время 8'. 13'', 22. Для сего должно замѣнить, что поперечникъ

экватора $= \frac{1}{23578}$, если поперечникъ

земнаго пути около солнца есть единица; то поперечникъ параллельнаго круга, на коемъ

находится наблюдатель $= \frac{\cos \varphi}{23578}$, гдѣ φ

широта мѣста, и слѣдовательно наблюдатель

описываетъ въ 24 часа кругъ $\frac{360^\circ \cos \varphi}{23578}$, въ

одну секунду $\frac{15 \cdot \cos \varphi}{23578}$; а въ 8', 13'', 22,

$$\frac{15(493'', 22) \cos \varphi}{23578} = 0'', 51 \cos \varphi = C.$$

Но какъ скорость свѣта есть единица, то

$$k' = 0'', 51 \cos \varphi.$$

и суточная абберация въ прямое восхожденіе и склоненіе будутъ

$$\begin{aligned}\varrho' - \varrho &= \frac{0'',51 \cos \varphi \cos(A - \varrho)}{\cos \delta}, \\ \delta' - \delta &= 0'',51 \cos \varphi \sin \delta \sin(A - \varrho),\end{aligned}$$

гдѣ $A - \varrho$ есть часово́й уголъ звѣзды. Сии послѣднія поправки такъ малы, что они почти никогда не употребляются

§. 61. Собственно земля наша обращается около солнца по эллипсису, а не по кругу, какъ мы принимали, но эксцентриситетъ сего эллипсиса такъ малъ, что вліяніе его на отступленіе свѣта весьма незначительно. Не смотря на то, для полноты сего предмета, мы рассмотримъ оное въ послѣднемъ времени, когда будетъ уже говорено объ эллиптическомъ движеніи планетъ: сюда же опишемъ и теорію отступленія свѣта сихъ послѣднихъ.

ГЛАВА ОСЬМАЯ.

О ВРЕМЕНИ.

§. 62. Мы видѣли въ главѣ второй, что измѣреніе высотъ есть одинъ изъ главныхъ астрономическихъ основаній: другой предметъ не менѣе важный есть *время*. Астрономическая практика почти всегда основывается на сихъ двухъ началахъ; почему теперь и слѣдуетъ показать способы измѣрять время и опредѣлять часъ наблюденія.

§. 63. Последовательное впечатлѣніе какихъ либо явленій, слѣдующихъ одно за другимъ, даетъ намъ понятіе о времени; а движеніе указываетъ способъ измѣрять оное. Движенія планетъ нами наблюдаемой болѣе всего для насъ ощутительны, почему мы согласились принять оныя мѣрою времени, и время обращенія земли около солнца называемъ *годами*, а время обращенія ее около оси *сутками*. Последнее движеніе удобнѣе для измѣренія времени; ибо оно равномерно, и послѣдствіемъ явленій, отъ онаго на небѣ созерцаемыхъ, подають вѣрный для сего способъ.

Въ самомъ дѣлѣ свѣтила разсѣянныя по своду небесному, возшедъ надъ горизонтъ на востокъ, возвышающагося постепенно до пѣхъ поръ, какъ войдутъ на самую большую высоту на меридіанъ; потомъ понижающагося, и наконецъ скрывающагося подъ горизонтъ на западъ. Изъ коихъ нѣкоторые, однакожъ, а именно тѣ, коихъ описаніе отъ полюса менѣе Географической широты мѣсна наблюденія, никогда не достигаютъ горизонта, и всѣ вообще, очевидно, описываютъ около полюса міра малые круги, параллельные съ экваторомъ. Сіе кажущееся движеніе не что иное есть, какъ слѣдствіе обращенія земли около оси и совершающагося съ равномерною скоростью. Время отъ прохода неподвижной звѣзды чрезъ меридіанъ до другаго прохода чрезъ ту же часнь онаго называется *звѣзднымъ днемъ*, что мы уже замѣтили мимоходомъ, говоря о способѣ опредѣлять прямыя восхожденія звѣздъ.

§. 61. Изъ всѣхъ свѣтилъ небесныхъ солнце производитъ на насъ самое осязательное впечатлѣніе. Возвращеніе его на меридіанъ и

къ равноденственнымъ точкамъ или къ солнцесноиіямъ образуютъ дни и годы. Астрономическій солнечный день обыкновенно начинается со всхожденія солнца на меридіанъ днемъ или ночью, т. е. въ полдень или въ полночь, и продолжается до другаго всхожденія сего светила на ту же часть меридіана. Какъ звѣзды, такъ и солнечныя сутки раздѣляются на 24 часа, часъ на 60 минутъ, минута на 60 секундъ.

§. 65. Солнечные дни не всегда равны между собою отъ двухъ причинъ, а именно: отъ наклонности эклиптики къ экватору и отъ годоваго движенія земли, которая около лѣтняго солнцесноиія, когда она бываетъ далѣе отъ солнца, движется медленнѣе, нежели около зимняго солнцесноиія, гдѣ земля бываетъ въ ближайшемъ разстояніи отъ солнца. Звѣздный день не имѣетъ сей неравномѣрности: ибо вся земная орбита имѣетъ ничтожную величину въ сравненіи съ неизмѣримымъ отстояніемъ отъ оной неподвижныхъ звѣздъ. Въ какой бы точкѣ своей орбиты земля не находилась, неподвижныя звѣзды не перемѣняются,

въ отношеніи къ оной, мѣста своего на небесномъ сводѣ. Въ слѣдствіе сего, если какая нибудь звѣзда проходитъ чрезъ меридіанъ вмѣстѣ съ солнцемъ, то на другой день она пройдетъ ранѣе онаго: ибо солнце въ теченіи сутокъ подвинется на нѣкоторое пространство въ отношеніи къ землѣ отъ запада къ востоку, и слѣдовательно звѣздный день короче солнечнаго.

§. 66. Обыкновенно измѣряютъ и узнаютъ время посредствомъ часовъ или хронометровъ, кои искусствъ довело до величайшей точности; но имъ нельзя дать такого хода, чтобъ они согласовались съ неравномѣрностью солнечныхъ дней, если же ихъ поставишь по звѣздному времени, то они не будутъ соотносѣваться временамъ дня гражданскаго. Чтобъ при равномѣрности времени приближиться сколько возможно ко временамъ солнечнаго дня, Астрономы воображаютъ другое солнце, называемое *среднимъ*, которое движется по эклиптикѣ съ равномѣрною скоростью и проходитъ чрезъ точки самаго ближайшаго и самаго отдаленнѣйшаго отъ

стояща отъ земли въ одно время съ истиннымъ солнцемъ, что уничтожаетъ неравномерность собственнаго движенія послѣдняго. Пономъ, дабы уничтожить и дѣйствіе косвенности эклиптики, воображаютъ еще преніе солнце, которое, двигаясь съ равномерною скоростью на плоскости экватора, проходить чрезъ истинныя равноденственныя точки въ одно время со вторымъ солнцемъ, такъ что угловыя отстоянія обоихъ сихъ воображаемыхъ солнцевъ отъ равноденственныхъ точекъ всегда равны между собою. Суточное обращеніе послѣдняго средняго солнца около земной оси называется *среднимъ днемъ*, который начинается со всхожденія сего средняго солнца на верхнюю или нижнюю половину меридіана и раздѣляется на такіа же часы, какъ истинный и звѣздный день.

§. 67. Истинное солнце движется около земли, или, правильнѣе сказать, земля обращается около солнца въ 365л. 5ч. 48'. 50"; слѣдовательно оба средня солнца, описывая въ столько же времени пути свои, первое на эклипикѣ, а второе на экваторѣ, пробѣгаютъ

ежедневно дугу въ $59^{\circ}. 8'', 55$; и по сему прохождение средняго солнца на экваторъ чрезъ меридіанъ означиваетъ проливъ неподвижныхъ звѣздъ $5' 56'', 555$. И такъ 24 среднихъ солнечныхъ часовъ составляютъ $24^{\text{ч}}. 5', 56'', 555$ звѣзднаго времени, слѣдовательно, положивъ что въ теченіи какого нибудь времени число звѣздныхъ часовъ будетъ s , а число среднихъ часовъ m , получимъ

$$\frac{s}{m} = \frac{24^{\text{ч}}. 5'. 56'', 555}{24^{\text{ч}}} = 1,002737909722$$

$$\text{и } \frac{m}{s} = \frac{24^{\text{ч}}}{24^{\text{ч}}. 5'. 56'', 555} = 0,997269565960,$$

откуда будетъ

$$s = m + 0,002737909722.m$$

$$m = s - 0,002730434040. s.$$

§. 68. Такъ какъ на небесномъ сводѣ разсѣяно безчисленное множество неподвижныхъ звѣздъ, то для единообразія согласились полагать началомъ звѣзднаго дня прохожденіе чрезъ меридіанъ истинной, путанцѣй исправленной, равноденственной точки.

Въ слѣдствіе равномерности суточного обращенія земли, дуги экватора, пробѣгаемыя

на меридіанѣ, пропорціональны временамъ и отъ
прохожденія свѣтила чрезъ меридіанъ увели-
чивающагося въ 24 часа до 360° , что составитъ
 15° на каждый часъ. Слѣдовательно, если мы
положимъ, что α будетъ долгота среднего
солнца на эклиптикѣ, или, что все равно,
прямое восхожденіе среднего солнца на эква-
торѣ отъ нелинейной равноденственной точки,
приведенное во время; M средній, а S звѣзд-
ный часъ какого нибудь явленія: то найдемъ

$$S = \alpha + M.$$

Положимъ, что въ средній полдень даннаго дня
долгота среднего солнца будетъ A , то, такъ
какъ она перемѣняется въ 24 часа на $3'.56'',555$
во времени, будетъ

$$\alpha = A + \frac{3'.56'',555}{24^ч} M,$$

и такъ

$$S = A + \frac{24^ч \cdot 3'.56'',555}{24^ч} M$$

$$M = \frac{24^ч}{24^ч \cdot 3'.56'',555} (S - A)$$

или

$$S = A + M + 0,0027379M$$

$$M = S - A - 0,0027304(S - A).$$

Чтобъ долготу A получить отъ истинной равноденственной точки, то къ средней долготѣ отъ средней равноденственной точки, какъ она обыкновенно дается въ таблицахъ, надобно еще приложить поправку въ прямое восхожденіе

$$-7'',18 \cos. (\text{косв. екл.}) \sin \Omega$$

§. 69. Чтобъ привести истинное время въ среднее или на оборотъ надобно знать разность сихъ временъ называемую въ Астрономіи *уравненіемъ времени*, которое истинное есть, какъ разность прямыхъ восхожденій истиннаго солнца и средняго солнца на экваторѣ, превращенная во время. Прямое восхожденіе истиннаго солнца находится изъ истинной долготы и косвенности эклиптики, но какъ истинная долгота зависитъ отъ эллипческаго движенія земли, то и надобно отнести сей предметъ къ той части Астрономіи, гдѣ будетъ говорено объ эллипическомъ движеніи планетъ. Теперь же скажемъ,

что уравненіе времени помѣщается во всѣхъ Астрономическихъ Календаряхъ для полдня каждаго числа, а для другихъ временъ можно съ точностію сыскать оное по пропорціи.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

ОБЪ ОПРЕДѢЛЕНІИ ВРЕМЕНИ ПО ПО- ВѢРКѢ ЧАСОВЪ.

§. 70. Изъ предъидущей главы легко видѣть можно, что часовой уголъ свѣтила, приведенный во время показывающъ, или сколько времени осталось до прохожденія свѣтила чрезъ меридіанъ, если оно находится на восхождѣ отъ меридіана; или сколько времени прошло отъ прохожденія оного чрезъ меридіанъ, если свѣтило находится на западѣ отъ меридіана. И такъ, чтобы узнать истинный, средний или звѣздный часъ наблюденія надобно найти часовой уголъ истиннаго солнца, средняго солнца на экваторѣ или истинной равноденственной точки.

§. 71. Если Географическая широта мѣста и склоненіе солнца известны, то для

опредѣленія истиннаго времени наблюденія надобно только вытѣрнуть высоту солнца, тогда изъ треугольника, заключающагося между зенитомъ, полюсомъ экватора и центромъ солнца получимъ,

$$\cos s = \frac{\sin h - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta},$$

гдѣ s часовой уголъ, h высота солнца, δ его склоненіе, φ широта мѣста. Отсюда, положивъ $z90 = -h$, найдемъ

$$\sin \frac{1}{2}s = \sqrt{\left\{ \frac{\sin \frac{1}{2}(z + \delta - \varphi) \sin \frac{1}{2}(z + \varphi - \delta)}{\cos \varphi \cos \delta} \right\}}$$

$$\cos \frac{1}{2}s = \sqrt{\left\{ \frac{\cos \frac{1}{2}(\varphi + \delta + z) \cos \frac{1}{2}(\varphi + \delta - z)}{\cos \varphi \cos \delta} \right\}}.$$

Последняя формула преимущественно можетъ быть употреблена, когда $\frac{1}{2}s$ близко подходитъ къ 90° или къ 270° .

Найдя такимъ образомъ часовой уголъ s , получимъ истинное время наблюденія по полудни $\frac{s}{15}$, а до полудни $24^h - \frac{s}{15}$. Чтобы сыскать среднее время наблюденія надобно будетъ приращъ или вычесъ уравненіе времени.

§. 72. Если, вмѣсто солнца, наблюдаемое свѣтило будетъ неподвижная звѣзда, коей видимыя (прецессіей, нутаціей и абerraціей исправленныя) склоненіе и прямое восхожденіе δ и ρ извѣстны, то $\frac{s}{15}$ покажетъ сколько

прошло звѣзднаго времени отъ прохожденія звѣзды чрезъ меридіанъ или сколько осталось до онаго. И такъ, чтобъ найти, изъ наблюденія высоты неподвижной звѣзды, звѣздное время сего наблюденія, надобно еще знать звѣздное время прохожденія звѣзды чрезъ меридіанъ, которое не что иное есть, какъ во время приведенное прямое восхожденіе звѣзды (Глава II. §. 5.); слѣдовательно звѣздное время наблюденія будетъ

$$\frac{\rho}{15} \pm \frac{s}{15},$$

— когда звѣзда находится на западной, а — когда она на восточной сторонѣ отъ меридіана. Если послѣдняя величина будетъ отрицательная, то надобно ее вычесть изъ 24-хъ часовъ

Сыскавъ такимъ образомъ звѣздный часъ наблюденія можно, по способу изложенному въ

предъидущей главѣ, найти средній, а если нужно, то, приложивъ или вычтя уравненіе времени, и истинный часъ. Но если будетъ извѣстно истинное прямое восхожденіе солнца A , то истинное время наблюденія найдется прямо, ибо часовой уголъ солнца будетъ во времени

$$\frac{p - A \pm s}{15}.$$

По послѣдству, чтобъ сыскать изъ таблицъ A , надобно напередъ знать истинное время наблюденія, то берутъ вмѣстѣ A прямое восхожденіе солнца для полдня, тогда предъидущее выраженіе дастъ приближенный истинный часъ наблюденія, для котораго вновь пріискиваютъ въ таблицахъ прямое восхожденіе солнца, и, вставивъ оное въ предъидущее выраженіе, находятъ поправленное истинное время; сысканное для онаго прямое восхожденіе солнца опять вставляютъ въ предъидущее выраженіе, и продолжая такимъ образомъ, наконецъ, совершенно приближаются къ настоящей величинѣ искомага истиннаго времени наблюденія.

§. 73. Но какъ затруднительно было бы при всякомъ особенномъ наблюдѣнн бранъ высоты солнца или звѣзды для опредѣленія времени по предыдущему способу, то и беруть въ помощъ часы или хронометры. Въ такомъ случаѣ надобно знать сколько хронометръ, во время всякаго наблюдѣнн, впереди или назадъ прошивъ средняго или звѣзднаго времени. Для сего можно употребить слѣдующій способъ: измѣривъ, въ двѣ разныя эпохи, высоты солнца или звѣзды, и замѣшивъ, по хронометру, времена, симъ высотамъ соопѣшншенныя P и P' , опредѣлимъ, по способу въ предыдущей снаниѣ изложенному, средний или звѣздный часъ сихъ двухъ наблюдѣнн T и T' ; тогда разности $T - P$ и $T' - P'$ покажутъ сколько хронометръ въ снн времена былъ назадъ прошивъ средняго или звѣзднаго времени, а разность $(T' - P') - (T - P)$ покажемъ сколько онъ ошншалъ ошъ онаго, въ шененнн времени ошъ перваго наблюдѣнн до послѣдняго. Теперь уже легко найдемъ среднее или звѣздное время t для всякаго наблюдѣнн, сдѣланнаго по хронометру въ p часовъ, и положивъ $P < p < P'$ получимъ

$$t = p + T - P + \frac{P - P'}{P' - P} \{ (T' - P') - (T - P) \}$$

или

$$t = p + T' - P' - \frac{P' - P}{P' - P} \{ (T' - P') - (T - P) \},$$

откуда

$$t = T + \frac{T' - T}{P' - P} (p - P) = T' - \frac{T' - T}{P' - P} (P' - p).$$

§. 74. Разность хронометра съ среднимъ или звѣзднымъ временемъ и суточный ходъ его весьма легко опредѣлить меридіональной трубой. Для таковой инструменшъ, нужно только замѣнить по хронометру часъ прохода черезъ меридіанъ солнца или какой либо известной неподвижной звѣзды, и тогда не трудно будетъ опредѣлить сколько хронометръ впередъ или назадъ пошлетъ истиннаго, средняго или звѣзднаго времени: ибо известно, что солнце проходитъ черезъ меридіанъ въ 12 часовъ истиннаго времени, а звѣздное время прохода звѣзды черезъ меридіанъ равняется видимому прямому восхожденію оной приведенному во время. Сравненіе таковыхъ наблюдений, сдѣланныхъ въ нѣсколь-

ко дней сряду, покажетъ сколько хронометръ уходишь или опешаешь въ теченіи сутокъ.

§. 73. За неизмѣніемъ меридіональной трубы можно опредѣлить часъ хронометра во время прохожденія звѣзды чрезъ меридіанъ по равнымъ высотамъ ея, взятымъ по восточную и западную сторону меридіана. Таковыя высоты обыкновенно называютъ, въ Астрономіи, *соотвѣтственными высотами*.

Положимъ что T и T' будутъ времена по хронометру двухъ соотвѣтственныхъ высотъ, взятыхъ до прохожденія звѣзды чрезъ меридіанъ и послѣ оного, а t часъ хронометра во время прохожденія: то $15(t - T)$ и $15(T' - t)$ будутъ часовые углы, принадлежащіе къ симъ высотамъ. Такъ какъ взятыя высоты равны между собою, и какъ склоненія неподвижныхъ звѣздъ не перемѣняются, то въ семъ случаѣ и часовые углы будутъ равны, следовательно

$$t - T = T' - t,$$

откуда

$$t = \frac{T + T'}{2}.$$

Итакъ, чтобъ опредѣлить сколько хронометръ долженъ показывать во время прохожденія неподвижной звѣзды чрезъ меридіанъ, надобно только взять полусумму временъ наблюденія соотвѣствующихъ высотъ, на хронометрѣ замѣченныхъ.

§. 76. Сіе правило можетъ быть соблюдено только при наблюденіи соотвѣствующихъ высотъ неподвижныхъ звѣздъ, коихъ склоненіе не перемѣняется; но если берутся соотвѣствующія высоты солнца, то надобно обратить вниманіе на измѣненіе склоненія. Въ семъ послѣднемъ случаѣ, чтобъ сыскать часъ истиннаго полдня, надобно прибавить къ полусуммѣ временъ соотвѣствующихъ высотъ солнца поправку, кою будетъ

$$t - \frac{T+T'}{2} = x; \text{ ибо}$$

$$z = \frac{T+T'}{2} + \left\{ t - \frac{T+T'}{2} \right\} = \frac{T+T'}{2} + x$$

Чтобъ найти сію поправку, положимъ, что соотвѣствующія высоты солнца будутъ h , широта мѣста φ , склоненіе до-полуденнаго наблюденія δ , а послѣ-полуденнаго $\delta \pm d\delta$,

гдѣ, слѣдовательно, $d\delta$ есть измѣненіе склоненія отъ перваго наблюденія до соотвѣстственнаго оному, тогда получимъ

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos 15 (t - T)$$

$$\sin h = \sin \varphi \sin (\delta \pm d\delta) + \cos \varphi \cos (\delta \pm d\delta) \cos 15 (T' - t).$$

Такъ какъ $d\delta$ весьма малая величина, то послѣднее уравненіе можно представить въ такомъ видѣ

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta \pm \sin \varphi \cos \delta \cdot d\delta$$

$$+ \cos \varphi \cos \delta \cos 15 (T' - t) \mp \cos \varphi \sin \delta \cos 15 (T' - t) d\delta,$$

а вычитая изъ онаго первое получимъ

$$0 = \pm \sin \varphi \cos \delta d\delta \mp \cos \varphi \sin \delta \cos 15 (T' - t) \cdot d\delta$$

$$+ 2 \cdot \cos \varphi \cos \delta \sin 15 \left\{ \frac{T' - T}{2} \right\} \sin 15 \left\{ t - \frac{T + T'}{2} \right\},$$

Такъ какъ второй членъ сего уравненія помноженъ на весьма малую величину $d\delta$, и поелику $t - \frac{T + T'}{2}$ также весьма малая вели-

чина, то въ ономъ, безъ всякой погрѣшности, вмѣсто t , можно приять $\frac{T + T'}{2}$; а въ послѣ-

днемъ членѣ вмѣсто $\sin 15 \left(t - \frac{T + T'}{2} \right)$,

можно взять самый угол $15 \left(t - \frac{T' + T''}{2} \right)$;
или $15 x$, отчего получимъ

$$x = \pm \frac{d\delta}{30} \left\{ \frac{\text{tang } \varphi}{\sin 15 \frac{T' - T''}{2}} + \frac{\text{tang } \delta}{\text{tang } 15 \frac{T' - T''}{2}} \right\}.$$

Если первая высота взята по полудни, а соотвѣствующая ей на другой день по утру, и ищется время на хронометръ въ истинную полночь, то въ начальныхъ двухъ уравненіяхъ, вмѣсто часовыхъ угловъ $15(t - T)$ и $15(T' - t)$, надобно взять дополненія ихъ до 180° , и тогда получится

$$x = \pm \frac{d\delta}{30} \left\{ \frac{\text{tang } \varphi}{\sin 15 \frac{T' - T''}{2}} + \frac{\text{tang } \delta}{\text{tang } 15 \frac{T' - T''}{2}} \right\}.$$

Въ обоихъ сихъ случаяхъ верхній знакъ употребляется, когда солнце приближается къ сѣверному полюсу; а нижній, когда оно удаляется отъ него. Южная широта и южное склоненіе всегда принимаются отрицательными.

§. 77. После способа повѣрять хронометры посредствомъ полуденной трубы, способъ соотвѣствующихъ высотъ есть лучший, а особливо для путешествующихъ Астрономовъ, коимъ весьма затруднительно было бы уснащивать полуденную трубу. Способъ сей имѣетъ болѣе то, что въ вычисленіи поправки времени прохожденія солнца чрезъ меридіанъ, небольшія ошибки, вслѣдствіе бывшія въ склоненіи и въ высотѣ полюса, не могутъ имѣть значительнаго на оную поправку вліянія. Одно только неудобство случается при такомъ опредѣленіи времени: непостоянная погода и наносныя облака часно бывающія препятствуютъ по полудни брать наблюденія соотвѣствующихъ имѣтъ, кои взяты были по утру—и утренній трудъ потерянъ. Всего неприятнѣе, въ нашихъ сѣверныхъ непостоянныхъ климатахъ случается, что по полудни, едва только облака скрыли всѣ высоты, соотвѣствующихъ утреннимъ, какъ солнце опять появляется; но наблюдатель не можетъ уже имъ воспользоваться. Однакожъ, если можно взять высоты, близко подходящія къ утреннимъ, то въ семъ случаѣ не трудно еще помочь себѣ,

сыскавъ поправку на разность высотъ. Поправка сія найдется слѣдующимъ образомъ.

Положимъ, что по утру, во время по хронометру T , взята высота h ; а по полудни во время T' —высота h' , то подобно какъ и прежде получимъ

$$\begin{aligned}\sin h &= \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos 15(t - T) \\ \sin h' &= \sin \varphi \sin(\delta \pm d\delta) + \cos \varphi \cos(\delta \pm d\delta) \cos 15(T' - t),\end{aligned}$$

откуда будетъ

$$\begin{aligned}2 \cos \frac{h' + h}{2} \sin \frac{h' - h}{2} &= \pm \sin \varphi \cos \delta d\delta \\ &+ 2 \cos \varphi \cos \delta \sin 15 \left(\frac{T' - T}{2} \right) \sin 15 \left(t - \frac{T + T'}{2} \right) \\ &= \mp \cos \varphi \sin \delta \cos 15 (T' - t) d\delta,\end{aligned}$$

и наконецъ, положивъ $t - \frac{T + T'}{2} = x$, найдемъ

$$\begin{aligned}x &= \mp \frac{d\delta}{50} \left\{ \frac{\operatorname{tang} \varphi}{\sin 15 \frac{T' - T}{2}} - \frac{\operatorname{tang} \delta}{\operatorname{tang} 15 \frac{T' - T}{2}} \right\} \\ &+ \frac{\cos \frac{h' + h}{2} \sin \frac{h' - h}{2}}{15 \cdot \cos \varphi \cos \delta \sin 15 \frac{T' - T}{2} \sin 1''}.\end{aligned}$$

Точно такая же поправка на перемену высоты полученная и для истинной полноты, съ тою только разницею, что, въ семъ случаѣ, она будетъ съ противнымъ знакомъ, полагая всегда, что h и T суть высота и время для перваго, а h' и T' для послѣдняго наблюденія.

Замѣчено, что при разности высотъ $6^{\circ}.50'$ истинный полдень, опредѣленный симъ способомъ, разнится отъ истиннаго полдня, найденнаго по высотамъ соотвѣствующимъ, только на $0''$, 05 , почему мы и думаемъ, что способъ сей, во многихъ случаяхъ, можетъ быть употребленъ съ пользою и съ надежною точностію.

§. 78. Выше сего замѣчено было нами, что въ способъ соотвѣствующихъ высотъ небольшія погрѣшности въ широтѣ не имѣютъ значительнаго вліянія на опредѣленіе времени полдня; однакожъ сіе сказано было въ отношеніи къ солнцу и къ мѣстамъ наблюденія неблизкимъ къ полюсу. Уравненіе

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos s,$$

9*

гдѣ s есть часовой уголъ, показываетъ, что измѣреніе высоты не можетъ служить для опредѣленія времени, ни въ мѣстахъ близъ-полярныхъ ни чрезъ наблюденіе свѣтила, ко-его склоненіе 90° : ибо тогда высота будетъ, въ первомъ случаѣ, равна склоненію, а во второмъ—широтѣ, то есть, или мало пере-мѣняющаяся или постоянная; слѣдовательно, и въ мѣстахъ обитаемыхъ на земномъ шарѣ, надобно выбирать, на сей предметъ, свѣтила отдаленныя отъ полюса. При таковомъ вы-борѣ свѣтила, поочесно способа соотновѣсти-спивенныхъ высотъ во всѣхъ мѣстахъ земна-го шара, куда только достигали слѣды чело-вѣческіе, зависить единственно отъ вѣрности наблюдаемыхъ высотъ; но и высоты сіи не могутъ быть взяты безъ выбора. Диффе-ренцируя уравненіе

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos s,$$

въ отношеніи къ h и s , и назвавъ азимутъ бук-вою z , мы получимъ переменную часового угла, отъ перемены высоты происходящую

$$ds = - \frac{\cos h \cdot dh}{\cos \varphi \cos \delta \cdot \sin s} = - \frac{dh}{\cos \varphi \sin z};$$

слѣдовательно чѣмъ болѣе азимутъ, тѣмъ перемена высоты менѣе дѣлаетъ измѣненія въ часовомъ углѣ. И такъ высота наибольшаго азимута, то есть, равнаго 90° , когда свѣтило находится на кругѣ самомъ отдаленномъ отъ меридіана, называемомъ въ Астрономіи *первымъ вертикаломъ*, есть самая удобная для опредѣленія времени. Мы найдемъ сію высоту, положивъ $z=90^\circ$ въ уравненіи

$$\cos z = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \sin h}{\cos \varphi \cos h},$$

и получимъ

$$\sin h = \frac{\sin \delta}{\sin \varphi},$$

что вставивъ въ уравненіе

$$\cos s = \frac{\sin h - \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \cos \varphi}$$

получимъ

$$\cos s = \tan \delta \cot \varphi.$$

Отсюда найдется время удобнѣйшей высоты.

Уравненіе

$$\sin h = \frac{\sin \delta}{\sin \varphi}$$

показываетъ, что для звѣздъ южнаго полушарія удобнѣйшая высота будетъ отрицательная; следовательно свѣтило во время оной находилось подъ горизонтомъ. Въ такомъ случаѣ высоты для опредѣленія времени надобно брать сколько возможно малыя, но не менѣе 10 градусовъ: ибо ниже сего невѣрное и переменное преломленіе можетъ дать ошибочныя высоты.

Если склоненіе звѣзды болѣе высоты полюса, то будетъ

$$\sin h = \frac{\sin \delta}{\sin \varphi} > 1;$$

следовательно h величина невозможная, т. е. звѣзда не пройдетъ чрезъ первый вертикаль и азимутъ не можетъ быть равенъ 90° . Въ такомъ случаѣ найдемъ высоту удобнѣйшую для опредѣленія времени, дифференцируя уравненіе

$$\cos z = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \sin h}{\cos \varphi \cosh}$$

въ отношеніи къ z и h , и положивъ $\frac{dz}{dh} = 0$: тогда

получимъ

$$\sin h = \frac{\sin \varphi}{\sin \delta},$$

что вставивъ въ уравненіе

$$\cos s = \frac{\sin h - \sin \delta \sin \varphi}{\cos \varphi \cos \delta},$$

найдемъ для опредѣленія времени удобнѣйшей
высоты

$$\cos s = \tan \varphi \cot \delta.$$

Все сіе относится какъ къ высотамъ одинаковымъ, такъ и къ соотвѣствующимъ.

§. 79. Много можно найти способовъ опредѣлять время или повѣрять Астрономическіе часы, но всѣ они менѣе удобны выше сего нами изложенныхъ. Не смотря на то упомянемъ еще о двухъ способахъ болѣе примѣчательныхъ, кои въ случаѣ нужды съ пользою могутъ быть употреблены, а именно:

1) Когда ищется время наблюденія по двумъ равнымъ высотамъ двухъ различныхъ звѣздъ.

Положимъ для сего, что одинакая высота h наблюдаема была, первой звѣзды, коей склоненіе δ , во время по хронометру T ; а второй, коей склоненіе δ' , во время T' , и пусть s и s' будутъ часовыя углы сихъ двухъ звѣздъ во время наблюденія оныхъ, а φ высота полюса, то будетъ

$$s' - s = 15 (T' - T) - (\rho' - \rho),$$

гдѣ ρ и ρ' суть прямыя восхожденія первой и второй звѣзды. Для звѣзды, находящейся по восточную сторону меридіана, часовой уголъ должно принять отрицательнымъ.

Далѣе получимъ

$$\begin{aligned} \sin h &= \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos s \\ \sin h &= \sin \varphi \sin \delta' + \cos \varphi \cos \delta' \cos s', \end{aligned}$$

откуда будетъ

$$\sin \frac{s' - s}{2} = \frac{\sin \varphi \cos \frac{\delta' - \delta}{2} - \sin h \sin \frac{\delta' + \delta}{2}}{\cos \varphi \cos \delta \cos \delta' \sin \frac{s' - s}{2}}.$$

Получивъ такимъ образомъ $\frac{s' + s}{2}$, и зная $\frac{s' - s}{2}$, найдемъ часовые углы s' и s , а вмѣстѣ съ симъ, зная истинныя прямыя восхожденія обѣихъ сихъ звѣздъ ϱ и ϱ' найдемъ, какъ въ §. 72, звѣздное время наблюденія:

$$\text{Первой звѣзды } \frac{\varrho}{15} \pm \frac{s}{15}$$

$$\text{Второй звѣзды } \frac{\varrho'}{15} \pm \frac{s'}{15}.$$

Изъ сего опредѣленнаго звѣзднаго времени наблюденія можемъ найсти среднее и истинное, что сравнивъ съ временемъ по хронометру получимъ сколько онъ впереди или назади противъ звѣзднаго, средняго или истиннаго времени, во время наблюденія каждой изъ сихъ двухъ звѣздъ.

2). Когда ищется время наблюденія по двумъ разнымъ высотамъ двухъ звѣздъ взятымъ на одномъ вершикальномъ кругѣ.

Пусть будетъ (фиг. 8) $IZZR$ меридіанъ; HOH горизонтъ; P полюсъ міра, Z зенитъ; $ZSS'O$ вершикальный кругъ, на коемъ бе-

рутся, во время по хронометру T , высота h звезды S , коей часовой угол $ZPS=s$, и во время по хронометру T' , высота h' звезды S' , коей часовой угол $ZPS'=s'$: пусть будут ϱ и ϱ' прямая восхождения; δ и δ' склонения; v и v' углы изменения ZSP и $ZS'P$, а φ высота полюса, то получимъ

$$\sin v: \sin s = \cos \varphi: \cos h$$

$$\sin v': \sin s' = \cos \varphi: \cos h'$$

$$\sin v: \sin (s' - s) = \cos \delta': \sin (h - h')$$

$$\sin v': \sin (s' - s) = \cos \delta: \sin (h - h'),$$

откуда найдемъ

$$\sin s = \frac{\cos h \cos \delta' \sin (s' - s)}{\cos \varphi \sin (h - h')}$$

$$\sin s' = \frac{\cos h' \cos \delta \sin (s' - s)}{\cos \varphi \sin (h - h')},$$

гдѣ

$$s' - s = \pm [(\varrho' - \varrho) - 15(T' - T)]$$

— когда звезды проходятъ чрезъ вертикальный кругъ по восточную, а — по западную сторону меридіана. Нашедъ изъ сихъ формулъ s и s' , опредѣлимъ звездное среднее или истинное время прохожденія обѣихъ

звѣздъ, такимъ же образомъ, какъ въше сего показано.

Въ предыдущихъ формулахъ очевидно, что надобно выбирать для сего способа такія звѣзды, чтобы $s'—s$ было какъ можно меньше, а $h—h'$ какъ можно больше, то есть, чтобы вертикальный кругъ, на коемъ звѣзды сіи наблюдаются, былъ какъ можно ближе къ меридіану; а разность ихъ склоненій была бы сколько возможно больше.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

ОБЪ ОПРЕДѢЛЕНІИ ВЫСОТЫ ПОЛЮ-
СА ИЗЪ НАБЛЮДЕНІЙ.

§. 80. Мы видѣли, что во всѣхъ почти Астрономическихъ вычисленіяхъ входятъ высота полюса, или Географическая широта мѣста и склоненіе свѣтила, почему и должно опредѣлить сіи два важные предмета съ точностію. Въ главѣ II, мы уже показали, какимъ образомъ они опредѣляются изъ меридіональныхъ наблюденій; но теперь слѣдуетъ разсмотрѣвъ ихъ подробнѣе, тѣмъ болѣе, что мы изложили уже все, что на сей конецъ знать было должно.

§. 81. Уравненіе

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos s \dots (\alpha),$$

въ коемъ значенія буквъ удерживаются тѣ же, какія и въ предыдущей главѣ, показываетъ, что широта и склоненіе опредѣляются одинакимъ образомъ, и что величины $\sin$, зная въ первомъ случаѣ склоненіе, а во второмъ широту, можно опредѣлить изъ всякой наблю-

даемой высоты, если, по вывѣреннымъ предва-
рительно часамъ, извѣстенъ также и часовой
уголъ свѣтила во время наблюденія высоты
оного.

На сей конецъ изъ предыдущаго уравненія
получимъ для опредѣленія широты

$$\sin (\varphi + x) = \frac{\cos x \sin h}{\sin \delta},$$

гдѣ $\text{tang } x = \cos s \cot \delta;$

а для опредѣленія склоненія

$$\sin (\delta + \gamma) = \frac{\cos \gamma \sin h}{\sin \varphi},$$

гдѣ

$$\text{tang } \gamma = \cos s \cot \varphi.$$

По чтобъ опредѣленіе было сколько возможно
вѣрно, надобно выбирать наблюденія самыя
удобныя, дабы погрѣшности данныхъ величинъ
дали какъ можно мѣньшую ошибку искомой
величины.

§. 82. Займемся напередъ широтою и поло-
жимъ, что dh , ds , $d\delta$ будутъ весьма малыя
погрѣшности высоты, часового угла и скло-

ненія. Дифференцируемъ уравненіе (α) въ отношеніи къ симъ величинамъ и къ высотѣ полюса; вставимъ потомъ вмѣсто $\cos s$ его значеніе

$$\frac{\sin h - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}$$

и замѣтимъ, что

$$\sin \varphi - \sin h \sin \delta = \cos h \cos \delta \cos v$$

$$\sin \delta - \sin h \sin \varphi = \cos h \cos \varphi \cos z$$

$$\sin s \cos \delta = \sin z \cos h,$$

гдѣ z есть азимутъ, а v уголъ измѣненія, тогда получимъ погрѣшность высоты полюса

$$d\varphi = \frac{dh + \cos \varphi \sin z ds - \cos v d\delta}{\cos z}.$$

Отсюда видно, что, дабы ошибка въ широтѣ $d\varphi$ была столь возможно мѣньшая, надобно выбирать такія наблюденія, чтобы $\cos z$ былъ наибольшій, а $\cos \varphi \sin z$ и $\cos v$ наименьшія величины, то есть, чтобы было

$$z = 0, \text{ а } v = 90^\circ.$$

Первое изъ сихъ уравненій прямо показы-
ваетъ, что наблюденія должны быть взяты
на меридіанѣ, а будучи вставлено вмѣстѣ съ
последнимъ въ уравненіе

$$\sin v \cos \delta = \sin z \cos \varphi$$

дастъ

$$\cos \delta = 0 \text{ или } \delta = 90^\circ.$$

И такъ, чѣмъ въриѣ опредѣлить широту,
надобно выбирать звѣзды, сосѣдственныя къ
полюсу, называемыя, по сей причинѣ, *близъ-по-*
лярными звѣздами, и брать меридіональную
высоту оной. Въ нашемъ полушаріи самая
ближайшая звѣзда къ полюсу, и слѣдователь-
но самая удобнѣйшая для сего рода наблюде-
ній, есть α Меньшой Медвѣдницы, описывающая
опись полюса менѣе, нежели на 2° , именуемая,
обыкновенно, *полярною звѣздою*. Впрочемъ
можно приниматьъ для наблюденія и удаленныя
опись полюса звѣзды, но высоты должно брать
всегда меридіональныя, какъ надежнѣйшія для
опредѣленія широты и удобнѣйшія для вычи-
сленія оной. Въ такомъ случаѣ, если одна-
кожъ $\delta > \varphi$, ошибка въ широтѣ будетъ

$$d\varphi = dh - d\delta:$$

ибо для звѣздъ проходящихъ чрезъ меридіанъ между полюсомъ и зенитомъ уголъ измѣненія будетъ 180° ; слѣдовательно $\cos v = -1$.

§. 83. И такъ для опредѣленія широты самыя лучшія наблюденія всякой звѣзды суть меридіональныя. Положимъ, что H будетъ, исправленная ошибкой инструмента, рефракціей и паралаксомъ, меридіональная высота центра наблюдаемаго свѣтила, δ его видимое склоненіе, но если, взятое съ прецессіей, нутаціей и абerraціей, но, во время прохожденія его чрезъ меридіанъ, будетъ $s=0$, если свѣтило проходитъ чрезъ меридіанъ выше полюса, и $s=180^\circ$, если оно проходитъ ниже онаго. Въ первомъ случаѣ, ежели φ больше δ , т. е. когда звѣзда проходитъ по южную сторону отъ зенита

$$\varphi = 90 + \delta - H;$$

а ежели δ больше φ , т. е. когда звѣзда проходитъ по сѣверную сторону отъ зенита

$$\varphi = \delta - H - 90.$$

Во второмъ же случаѣ будетъ

$$\varphi = 90 + H - \delta.$$

Здѣсь, какъ и вездѣ, южная широта и южное склоненіе принимаются отрицательными.

§. 84. Употребленіе сего способа пребудетъ, чинобъ инструментъ, коимъ дѣлаются наблюденія, былъ совершенно установленъ на плоскости меридіана, чинъ въ снрогосни сдѣланъ и на постоянной обсерваторіи не только трудно, но, безъ надлежащихъ поправокъ, ненадежно: нѣмъ болѣе для путешественниковъ, когда они пожелають опредѣлить широты мѣстъ, ими посѣщаемыхъ, съ большою точностію. По сей причинѣ Астрономы обыкновенно наблюдаютъ высоты свѣтилъ за нѣскольکو минутъ до прохожденія ихъ чрезъ меридіанъ и нѣскольکو минутъ послѣ онаго, и пономъ сн близъ—меридіональныя высоты приводятъ къ меридіональнымъ. Величина приведенія, или поправка близъ—меридіональной высоты, найдется изъ уравненія

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos s,$$

откуда будетъ

$$\sin h = \cos (\varphi - \delta) - 2 \cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{s}{2}.$$

Положимъ, чинъ x есть искомая поправка, т. е. разность $H - h$ высота, меридіональной H и

наблюдаемой близъ меридіана h , слѣдовательно $h = H - x$; но какъ для звѣзды, проходящей чрезъ меридіанъ по южную сторону зенита, $H = 90 - (\varphi - \delta)$, то назвавъ $\varphi - \delta$ буквою α , получимъ

$$\sin (90 - (\alpha + x)) = \cos \alpha - 2 \cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{1}{2} s$$

или

$$\cos \alpha - \cos (\alpha + x) = 2 \cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{1}{2} s,$$

откуда будетъ

$$\sin (\alpha + \frac{1}{2} x) \sin \frac{1}{2} x = \cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{1}{2} s.$$

Если s весьма малая величина, то и изъ сего уже уравненія можно опредѣлить x чрезъ приближеніе, слѣдующимъ образомъ: съищемъ

$$X \text{ изъ уравненія } \sin \frac{1}{2} X = \frac{\cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{1}{2} s}{\sin \alpha}$$

$$X' \dots \dots \sin \frac{1}{2} X' = \frac{\cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{1}{2} s}{\sin (\alpha + \frac{1}{2} X)}$$

$$X'' \dots \dots \sin \frac{1}{2} X'' = \frac{\cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{1}{2} s}{\sin (\alpha + \frac{1}{2} X')}$$

и такъ далѣе.

Величины X , X' , X'' тѣмъ ближе будутъ къ истинному значенію x , чѣмъ болѣе будемъ продолжать такое вычисленіе, и если мы основимся тогда, какъ разница

последняго значенія X съ предъидущимъ будетъ нечувствительна, но оно совершенно удовлетворитъ уравненію

$$\sin(\alpha + \frac{1}{2}x) \sin \frac{1}{2}x = \cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{1}{2}s.$$

Если x весьма малая величина, то для сего достаточно весьма не многого числа приближеній.

§. 85. Чтобы найти поправку x въ спрокъ, идущей по степенямъ опять $\sin^2 \frac{1}{2}s$, возьмемъ уравненіе

$$\cos(\alpha + x) = \cos \alpha - 2 \cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{1}{2}s,$$

изъ коего, положивъ для краткости $\cos \varphi \cos \delta = b$, получимъ

$$\begin{aligned} \sin^2 \frac{1}{2}(\alpha + x) &= \sin^2 \frac{1}{2}\alpha - b \sin^2 \frac{1}{2}s \\ \cos^2 \frac{1}{2}(\alpha + x) &= \cos^2 \frac{1}{2}\alpha - b \sin^2 \frac{1}{2}s, \end{aligned}$$

откуда будетъ

$$\operatorname{tang} \frac{1}{2}(\alpha + x) = \operatorname{tang} \frac{1}{2}\alpha \left\{ \frac{1 + \frac{b}{\sin^2 \frac{1}{2}\alpha} \sin^2 \frac{1}{2}s}{1 - \frac{b}{\cos^2 \frac{1}{2}\alpha} \sin^2 \frac{1}{2}s} \right\}^{\frac{1}{2}},$$

и слѣдовательно

$$\frac{\operatorname{tang} \frac{1}{2}(\alpha + x) - \operatorname{tang} \frac{1}{2}\alpha}{\operatorname{tang} \frac{1}{2}(\alpha + x) + \operatorname{tang} \frac{1}{2}\alpha} = \frac{\sin \frac{1}{2}x}{\sin(\alpha + \frac{1}{2}x)} =$$

10*

$$\frac{\left[1 + \frac{\delta}{\sin^2 \frac{1}{2}\alpha} \sin^2 \frac{1}{2}s\right]^{\frac{1}{2}} - \left[1 - \frac{\delta}{\cos^2 \frac{1}{2}\alpha} \sin^2 \frac{1}{2}s\right]^{\frac{1}{2}}}{\left[1 + \frac{\delta}{\sin^2 \frac{1}{2}\alpha} \sin^2 \frac{1}{2}s\right]^{\frac{1}{2}} + \left[1 - \frac{\delta}{\cos^2 \frac{1}{2}\alpha} \sin^2 \frac{1}{2}s\right]^{\frac{1}{2}}}$$

или

$$\frac{\sin \frac{1}{2}x}{\sin(\alpha + \frac{1}{2}x)} = \frac{\left[\left(1 + \frac{\delta \sin^2 \frac{1}{2}s}{\sin^2 \frac{1}{2}\alpha}\right)^{\frac{1}{2}} - \left(1 - \frac{\delta \sin^2 \frac{1}{2}s}{\cos^2 \frac{1}{2}\alpha}\right)^{\frac{1}{2}}\right]}{\frac{4 \delta \sin^2 \frac{1}{2}s}{\sin^2 \alpha}}$$

Но какъ мы выше сего нашли

$$\sin(\alpha + \frac{1}{2}x) \sin \frac{1}{2}x = \delta \sin^2 \frac{1}{2}s,$$

то, помноживъ на сие уравненіе предъидущее, получимъ

$$\sin \frac{1}{2}x = \frac{\sin \alpha}{2} \left\{ \left(1 + \frac{\delta \sin^2 \frac{1}{2}s}{\sin^2 \frac{1}{2}\alpha}\right)^{\frac{1}{2}} - \left(1 - \frac{\delta \sin^2 \frac{1}{2}s}{\cos^2 \frac{1}{2}\alpha}\right)^{\frac{1}{2}} \right\},$$

что разложивъ въ степеню найдемъ

$$\begin{aligned} \frac{\sin \frac{1}{2}x}{\sin \alpha} &= \frac{\delta \sin^2 \frac{1}{2}s}{\sin^2 \alpha} - \frac{1 \delta^2 \sin^4 \frac{1}{2}s}{2 \sin^4 \alpha} + \frac{1.3 \delta^3 \sin^6 \frac{1}{2}s}{2.3 \sin^6 \alpha} - \frac{1.3.5 \delta^4 \sin^8 \frac{1}{2}s}{2.3.4 \sin^8 \alpha} \\ &\quad + \frac{1.3 \delta^3 \sin^6 \frac{1}{2}s}{2.3 \sin^6 \alpha} (1 + 3 \cos^2 \alpha) \\ &\quad - \frac{1.3.5 \delta^4 \sin^8 \frac{1}{2}s}{2.3.4 \sin^8 \alpha} (4 \cos \alpha + 4 \cos^3 \alpha) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{1.3.5.7}{2.3.4.5} \frac{b^5 \sin^{10} \frac{1}{2} s}{\sin^{10} a} (1 + 10 \cos^2 a + 5 \cos^4 a) \\
& - \frac{1.3.5.7.9}{2.3.4.5.6} \frac{b^6 \sin^{12} \frac{1}{2} s}{\sin^{12} a} (6 \cos a + 20 \cos^3 a + 6 \cos^5 a) \\
& + \dots
\end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned}
\sin \frac{1}{2} x = & \frac{b \sin^2 \frac{1}{2} s}{\sin a} - \frac{b^2 \sin^4 \frac{1}{2} s}{\sin^2 a} \cot a + \frac{b^3 \sin^6 \frac{1}{2} s (1 + 4 \cot^2 a)}{\sin^3 a \cdot 2} \\
& - \frac{b^4 \sin^8 \frac{1}{2} s \left(\frac{5 \cot a + 10 \cot^3 a}{2} \right)}{\sin^4 a} \\
& + \frac{b^5 \sin^{10} \frac{1}{2} s \left(\frac{7 + 84 \cot^2 a + 112 \cot^4 a}{8} \right)}{\sin^5 a} - \dots
\end{aligned}$$

но какъ

$$\frac{x}{2} = \sin \frac{1}{2} x + \frac{1}{2} \cdot \frac{\sin^3 \frac{1}{2} x}{3} + \frac{1.3}{2.4} \cdot \frac{\sin^5 \frac{1}{2} x}{5} + \dots$$

то, вставивъ въ сію послѣднюю строку вмѣсто $\sin \frac{1}{2} x$ его значеніе, получимъ наконецъ

$$\begin{aligned}
x \sin \frac{1}{2} = & \frac{2b \sin^2 \frac{1}{2} s}{\sin a} - \frac{2b^2 \sin^4 \frac{1}{2} s}{\sin^2 a} \cot a \\
& + \frac{4b^3 \sin^6 \frac{1}{2} s}{\sin^3 a} \left(\frac{1}{2} + \cot^2 a \right) \\
& - \frac{2b^4 \sin^8 \frac{1}{2} s}{\sin^4 a} (5 \cot a + 5 \cot^3 a) \\
& + \frac{b^5 \sin^{10} \frac{1}{2} s}{\sin^5 a} \left(\frac{12}{2} + 24 \cot^2 a + 28 \cot^4 a \right) - \dots
\end{aligned}$$

Если свѣтло недалеко къ зениту проходитъ чрезъ меридіанъ и δ довольно мало, то третій и слѣдующіе за онымъ члены нечувствительны, и достаточно взять для звѣзды проходящей чрезъ меридіанъ по южную сторону зенита

$$x = + \left(\frac{2 \cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{1}{2} s}{\sin(\varphi - \delta) \sin 1''} \right) - \left(\frac{2 \cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{1}{2} s}{\sin(\varphi - \delta) \sin 1''} \right)^2 \frac{\cot(\varphi - \delta) \sin 1''}{2}.$$

Примѣч. 1-е. Если звѣзда проходитъ чрезъ меридіанъ между зенитомъ и полюсомъ, то $H = 90 + \varphi - \delta$, слѣдовательно $\alpha = \delta - \varphi$ и

$$x = + \left(\frac{2 \cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{1}{2} s}{\sin(\delta - \varphi) \sin 1''} \right) - \left(\frac{2 \cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{1}{2} s}{\sin(\delta - \varphi) \sin 1''} \right)^2 \frac{\cot(\delta - \varphi) \sin 1''}{2}.$$

Примѣч. 2-е. Если звѣзда проходитъ чрезъ меридіанъ подъ полюсомъ, то $H = \varphi + \delta - 90$, $\alpha = \varphi + \delta$, слѣдовательно

$$x = - \left(\frac{2 \cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{1}{2} s}{\sin(\varphi + \delta) \sin 1''} \right) + \left(\frac{2 \cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{1}{2} s}{\sin(\varphi + \delta) \sin 1''} \right)^2 \frac{\cot(\varphi + \delta) \sin 1''}{2}.$$

§. 86. Для солнца, такъ какъ сіе свѣтило проходитъ, въ нашихъ широтахъ, по южную сторону зенита, надобно всегда употреблять уравненіе

$$x = + \left(\frac{2 \cos \varphi \cos \delta \sin \frac{1}{2} s}{\sin (\varphi - \delta) \sin 1''} \right) - \left(\frac{2 \cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{1}{2} s}{\sin (\varphi - \delta) \sin 1''} \right)^2 \frac{\cot (\varphi - \delta) \sin 1''}{2}.$$

Сверхъ сего, такъ какъ склоненіе сего свѣтила переменяется, надобно къ сей поправкѣ до полудни прибавлять, а послѣ полудни вычитая изъ оной величину $\frac{s \cdot d\delta}{15}$, гдѣ $d\delta$ есть измѣненіе склоненія въ одну секунду времени. Сіе измѣненіе полагается положительнымъ, если солнце приближается къ сѣверному полюсу, и отрицательнымъ, если свѣтило сіе удаляется отъ сѣвернаго полюса.

§. 87. Для опредѣленія широты берутъ обыкновенно нѣсколько высотъ весьма близкихъ къ меридіональной, начиная наблюдать около 10 или 15 минутъ времени до прохожденія свѣтила чрезъ меридіанъ, и продолжая столько же времени послѣ онаго, и попомъ

каждую высоту приводятъ, вышеизложеннымъ способомъ, къ меридіональной: тогда получится столько меридіональныхъ высотъ въ одинъ день, сколько было взято наблюдений. Сходство, найденныхъ такимъ образомъ меридіональныхъ высотъ, покажутъ съ какою вѣрностію были дѣлаемы наблюденія, и ежели въ оныхъ вкрались небольшія погрѣшности, то средняя изъ меридіональныхъ высотъ, то есть сумма ихъ, раздѣленная на число наблюдений, или совершенно уничтожитъ сіи погрѣшности, или значительно уменьшитъ оныя. Послѣ сего нетрудно уже будетъ опредѣлить широту по способу, изложенному въ § 83, принявъ вмѣсто *H* среднюю меридіональную высоту изъ всѣхъ наблюдений. Чтожъ касается до того, что въ формулахъ, дающихъ поправку близъ — меридіональныхъ высотъ, входитъ некая широта, то надобно замѣтить, что для сего какъ широту, такъ и склоненіе достаточно знать приближенно. Если широта мѣста совершенно неизвѣстна, то во время наблюдений надобно взять одну изъ высотъ, такъ близко къ меридіану, какъ только возможно, и принявъ ее за меридіональную

опредѣлить изъ оной широту, и если сію приближенную широту употребимъ въ вычисленіе, то ошибка ее не сдѣлаетъ никакого вліянія на вѣрность поправки близъ—меридіональной высоты.

§. 88. Широту мѣста, для употребленія въ вычисленіи, по вышележенному способу, поправки близъ-полуденныхъ высотъ, можно почти найсти слѣдующимъ образомъ: выберемъ изъ данныхъ высотъ двѣ весьма близкія къ меридіану h и h' и положимъ, что соотвѣстственные онымъ часовые углы во времени будутъ t и t' ; а меридіональная высота H , то получимъ

$$H - h = \frac{2 \cos \varphi \cos \delta}{\sin(\varphi \mp \delta) \sin 1''} \sin^2 \frac{1}{2} 15 t$$

$$\text{и} \quad H - h' = \frac{2 \cos \varphi \cos \delta}{\sin(\varphi \mp \delta) \sin 1''} \sin^2 \frac{1}{2} 15 t'$$

Второй членъ широты, дающей поправку, не только можно пренебречь для весьма малыхъ величинъ t ; но даже въ предыдущихъ двухъ уравненіяхъ можно вместо $\sin^2 \frac{1}{2} 15 t$ и

$$\sin^2 \frac{1}{2} 15 t' \text{ принять } \left(\frac{15 t \sin 1''}{2} \right)^2 \text{ и } \left(\frac{15 t' \sin 1''}{2} \right)^2,$$

и тогда получится

$$H - h = \frac{(15)^2 \cos \varphi \cos \delta \sin 1''}{2 \sin(\varphi \mp \delta)} \cdot t^2$$

$$H - h' = \frac{(15)^2 \cos \varphi \cos \delta \sin 1''}{2 \sin(\varphi \mp \delta)} \cdot t'^2$$

или $(H - h) t'^2 = (H - h') t^2,$

откуда

$$H = \frac{h t'^2 - h' t^2}{t'^2 - t^2};$$

а изъ сей меридіональной высоты, широта найдется обыкновеннымъ образомъ. Взявъ при наблюденьіи весьма близкія къ меридіану можно, сверхъ меридіональной высоты, опредѣлить и время прохожденія свѣтила чрезъ меридіанъ, которое необходимо нужно знать для того, чинобъ получить часовые углы, кои суть въ градусы приведенныя разности времени наблюденья и прохожденія. И такъ еслибъ время прохожденія было неизвѣстно, то положивъ, что

$$h, h + \alpha, h + \alpha'$$

$$T, T + \beta, T + \beta'$$

будуть при высоты весьма близкія къ меридіональнымъ и при соотвѣстственные онымъ

времени наблюденія, H меридіональная высота, а $T+t$ время прохожденія свѣтила чрезъ меридіанъ, и назвавъ постоянную величину $\frac{(15)\cos\varphi\cos\delta\sin 1''}{2\sin(\varphi\mp\delta')}$

буквою m , получимъ

$$H-h=mt^2$$

$$H-(h+\alpha)=m(t-\beta)^2$$

$$H-(h+\alpha')=m(t-\beta')^2,$$

откуда, исключивъ m , найдемъ

$$\alpha t^2=(H-h)(2t\beta-\beta^2)$$

$$\alpha' t^2=(H-h)(2t\beta'-\beta'^2)$$

и наконецъ получимъ, исключивъ H ,

$$t=\frac{\alpha\beta'^2-\alpha'\beta^2}{2(\alpha\beta'-\alpha'\beta)}$$

$$H=h+\frac{(\alpha\beta'^2-\alpha'\beta^2)^2}{4\beta\beta'(\beta'-\beta)(\alpha\beta'-\alpha'\beta)}$$

Такимъ образомъ найденъ меридіональная высота, а слѣдовательно и широта мѣсяца, если она предварительно неизвѣстна, и время прохожденія свѣтила чрезъ меридіанъ, еслибъ, по какой нибудь причинѣ, нельзя было опредѣлить оное посредствомъ соотвѣствующихъ высотъ или другимъ какимъ нибудь вѣрнымъ способомъ.

§. 89. Хотя меридіональныя высоты суть самыя удобнѣйшія для опредѣленія Географической широты мѣста, однакожь не безполезно знать способы для опредѣленія оной изъ высотъ, наблюдаемыхъ въ полуденнаго круга.

Дифференціальное уравненіе (§. 82.)

$$d\varphi = \frac{dh}{\cos z} + \cos\varphi \operatorname{tang} z ds - \frac{\cos v \cdot d\delta}{\cos z}$$

показываетъ, что наблюденія близь-полярной звѣзды, во всякой точкѣ своего параллельнаго круга, почти равно удобны для опредѣленія высоты полюса: ибо для звѣзды весьма близкой къ полюсу $\cos z$ почти равно единицѣ, $\operatorname{tang} z$ почти ноль, а $\cos v$ никогда болѣе единицы быти не можетъ. Таковыя наблюденія имѣютъ еще и ту выгоду, что ихъ можно дѣлать во всякое время въ продолженіи ночи, и нѣтъ надобности дожидаться опредѣленнаго времени, какъ при наблюденіи близь-меридіональныхъ высотъ. Для опредѣленія, симъ способомъ, высоты полюса, нужно только взять нѣсколько высотъ или опстояній звѣзды отъ зенита и замѣпить времена сихъ

наблюдений. Изъ сихъ послѣднихъ, зная время прохожденія звѣзды чрезъ меридіанъ, найдутся часовые углы.

Теперь пусть будетъ S среднее Арифметическое число часовыхъ угловъ s, s', s'' и проч. то есть $S = \frac{\sum s}{N}$, гдѣ $\sum s$ означаетъ сумму всѣхъ часовыхъ угловъ, а N число наблюдений, то принадлежащее къ одному наблюденію отъ зенита Z будетъ также среднее Арифметическое число изъ всѣхъ наблюдаемыхъ отсчетовъ отъ зенита z, z', z'' и проч. т. е. $Z = \frac{\sum z}{N}$, ежели предположимъ, что измѣненіе сихъ послѣднихъ пропорціонально времени, и тогда высота полюса найдется изъ уравненія

$$\cos Z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos S$$

$$\text{или } \sin(\varphi + \gamma) = \frac{\cos \gamma \cos Z}{\sin \delta}$$

$$\text{гдѣ } \tan \gamma = \cot \delta \cos S.$$

Но хотя такое предположеніе весьма близко къ истинѣ, ежели наблюденія сдѣланы въ короткое время; однакожь въ строгости оно

будетъ ошибочно. По сей причинѣ должно
 сыскать поправку, какую надобно будетъ
 придать къ среднему Ариѳметическому числу
 $\frac{\sum z}{N}$ отстояній отъ зенита, или вы-

чисить изъ онаго, дабы получить Z т. е. от-
 стояніе отъ зенита, принадлежащее къ часо-
 вому углу $S = \frac{\sum s}{N}$. Для сего положимъ $x = z - Z$

и $\theta = s - S$, то получимъ

$$\cos Z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos S$$

$$\cos (Z+x) = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos (S+\theta),$$

а отсюда

$$\cos (Z+x) = \cos Z - 2 \cos \varphi \cos \delta \sin (S+\frac{1}{2}\theta) \sin \frac{1}{2}\theta$$

$$\text{или } \sin (Z+\frac{1}{2}x) \sin \frac{1}{2}x = \cos \varphi \cos \delta \sin (S+\frac{1}{2}\theta) \sin \frac{1}{2}\theta,$$

и потомъ изъ сего послѣдняго уравненія по-
 добнымъ образомъ какъ въ §. 85. найдемъ

$$x \sin 1'' = \frac{2 \cos \varphi \cos \delta}{\sin Z} \sin (S+\frac{1}{2}\theta) \sin \frac{1}{2}\theta$$

$$- \frac{2 \cos^2 \varphi \cos^2 \delta}{\sin^2 Z} \sin^2 (S+\frac{1}{2}\theta) \sin^2 \frac{1}{2}\theta \cot Z$$

$$+ \frac{4 \cos^3 \varphi \cos^3 \delta}{\sin^3 Z} \sin^3 (S+\frac{1}{2}\theta) \sin^3 \frac{1}{2}\theta (\frac{1}{3} + \cot^2 Z) \text{ и т. д.}$$

Такъ какъ отъ наблюдателя зависить продолжитъ время наблюденія, столько чтобъ величина $\sin^2 \frac{1}{2} \Theta$ была нечувствительна, то въ семъ предположеніи можно ограничиться только вторыми степенями отъ сей величины, и тогда изъ послѣдней строки найдемся

$$x \sin 1'' = m \cdot \sin \Theta + (n - m^2 \cot Z) 2 \sin^2 \frac{1}{2} \Theta$$

$$\text{гдѣ } m = \frac{\cos \varphi \cos \delta}{\sin Z} \sin S$$

$$n = \frac{\cos \varphi \cos \delta}{\sin Z} \cos S = m \cot S$$

такимъ образомъ найдущя и другія величины $x' = z' - Z$, $x'' = z'' - Z$ и проч: И такъ получимъ для разностей временъ $\Theta, \Theta', \Theta''$ и ш: д:

$$z = Z + \frac{m \cdot \sin \Theta}{\sin 1''} + (n - m^2 \cot Z) \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} \Theta}{\sin 1''}$$

$$z' = Z + \frac{m \cdot \sin \Theta'}{\sin 1''} + (n - m^2 \cot Z) \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} \Theta'}{\sin 1''}$$

$$z'' = Z + \frac{m \cdot \sin \Theta''}{\sin 1''} + (n - m^2 \cot Z) \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} \Theta''}{\sin 1''}$$

и такъ далѣе; а отсюда

$$\frac{\Sigma z}{N} = Z + \frac{m \Sigma \sin \Theta}{N \sin 1''} + (n - m^2 \cot Z) \frac{\Sigma 2 \sin^2 \frac{1}{2} \Theta}{N \sin 1''}$$

Здѣсь надобно замѣнить, что по малости уг-

ловъ $\Theta, \Theta', \Theta''$, и проч: можно положить

$$\frac{m \Sigma \sin \Theta}{N \sin 1''} = \frac{m}{N \sin 1''} \Sigma \Theta$$

(сие шѣмъ болѣе можно принять, что множитель сей суммы m равный величинѣ $\frac{\cos \varphi \sin S}{\sin z} \cos \delta$,

по близости свѣшила къ полюсу, также бываетъ всегда малъ); а изъ принятаго

нами выше сего предположенія $S = \frac{\Sigma s}{N}$ и

$\Theta = s - S, \Theta' = s' - S, \Theta'' = s'' - S$ и ш. д. тогда увидимъ, что

$$\Sigma \Theta = 0,$$

слѣдовательно

$$\frac{\Sigma z}{N} = Z + (n - m^2 \cot Z) \frac{\Sigma 2 \sin^2 \frac{1}{2} \Theta}{N \sin 1''}.$$

Такимъ образомъ для опредѣленія высоты полюса вышензложеннымъ нами способомъ получимъ слѣдующія формулы

$$1) Z = \frac{\Sigma z}{N} - (n - m^2 \cot Z) \frac{1}{N} \Sigma \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} \Theta}{\sin 1''}$$

$$2) \tan \gamma = \cot \delta \cos S$$

$$3) \sin (\varphi + \gamma) = \frac{\cos \gamma \cos Z}{\sin \delta}.$$

Во второмъ членѣ перваго уравненія безъ всякой погрѣшности можно положить

$$\cot Z = \cot \frac{\sum z}{N}.$$

§. 90. Сверхъ сихъ главныхъ способовъ для опредѣленія высоты полюса, или Географической широты мѣста, есть много другихъ, посредствомъ коихъ опредѣляютъ и широту, и время наблюденія въ мѣстѣ. Мы намѣрены показать изъ нихъ самые употребительнѣйшіе или самые удобнѣйшіе, а именно способы опредѣлять высоту полюса и время наблюденія: 1-е по двумъ разнымъ высотамъ двухъ различныхъ звѣздъ; 2-е по двумъ разнымъ высотамъ одной и той же звѣзды, въ разныя времена наблюдаемой; 3-е по двумъ разнымъ высотамъ двухъ различныхъ звѣздъ, наблюдаемыхъ на одномъ вертикалѣ. Всѣ сии способы преимущественно полезны путешествующимъ Астрономамъ, въ особенности въ томъ случаѣ, когда, по какимъ нибудь причинамъ, нельзя наблюдать ни меридіональныхъ или близъ-меридіональныхъ высотъ солнца или какой

нибудь звѣзды, ни высотѣ какойнибудь близъ-полярной звѣзды. Мы начнемъ съ общаго случая, и изложимъ теперь способъ опредѣлять высоту полюса по двумъ разнымъ высотамъ двухъ различныхъ звѣздъ.

§. 91. Пусть ϱ, ϱ' будутъ прямая восхожденія; p, p' оисноднія отъ полюса; z, z' оисноднія отъ зенита двухъ наблюдаемыхъ звѣздъ A и B (фиг: 9); t разность времени наблюденія; P полюсъ экватора; Z зенитъ: положимъ также $AB=c$, и углы $APB=\theta$, $AZB=\alpha$, $BAP=A$, $BAZ=A'$, $ABP=B$, $ABZ=B'$. Представимъ себѣ, что звѣзда A наблюдалась во-первыхъ, а послѣ оной, по прошедшии времени t ,—звѣзда B , копорая нусиъ во время наблюденія первой звѣзды была въ точкѣ b , то будетъ $bPB=15t$, $bPA=\varrho'-\varrho$ и $\theta=\varrho'-\varrho-15t$. Теперь получимъ

$$\cos c = \cos p \cos p' + \sin p \sin p' \cos \theta$$

$$\cos c = \cos z \cos z' + \sin z \sin z' \cos \alpha,$$

откуда будетъ

$$\begin{aligned} \cos (p' - p) &= 2 \sin p \sin p' \sin^2 \frac{1}{2} \theta \\ &= \cos (z' - z) - 2 \sin z \sin z' \sin^2 \frac{1}{2} \alpha \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} \sin z \sin z' \sin^2 \frac{1}{2} \alpha &= \sin p \sin p' \sin^2 \frac{1}{2} \theta \\ -\sin \left(\frac{z' - z}{2} + \frac{p' - p}{2} \right) \sin \left(\frac{z' - z}{2} - \frac{p' - p}{2} \right) \\ \sin z \sin z' \cos^2 \frac{1}{2} \alpha &= -\sin p \sin p' \sin^2 \frac{1}{2} \theta \\ +\sin \left(\frac{z' + z}{2} + \frac{p' - p}{2} \right) \sin \left(\frac{z' + z}{2} - \frac{p' - p}{2} \right) \end{aligned} \right\} \cdot (a).$$

Далѣе получимъ

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tang} \frac{1}{2} (A+B) &= \frac{\cos \frac{1}{2} (p'-p)}{\cos \frac{1}{2} (p'+p)} \cot \frac{1}{2} \theta \\ \operatorname{tang} \frac{1}{2} (A-B) &= \frac{\sin \frac{1}{2} (p'-p)}{\sin \frac{1}{2} (p'+p)} \cot \frac{1}{2} \theta \\ \operatorname{tang} \frac{1}{2} (A'+B') &= \frac{\cos \frac{1}{2} (z'-z)}{\cos \frac{1}{2} (z'+z)} \cot \frac{1}{2} \alpha \\ \operatorname{tang} \frac{1}{2} (A'-B') &= \frac{\sin \frac{1}{2} (z'-z)}{\sin \frac{1}{2} (z'+z)} \cot \frac{1}{2} \alpha \end{aligned} \right\} \dots (b)$$

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tang} \frac{1}{2} (A'+B') &= \frac{\cos \frac{1}{2} (z'-z)}{\cos \frac{1}{2} (z'+z)} \cot \frac{1}{2} \alpha \\ \operatorname{tang} \frac{1}{2} (A'-B') &= \frac{\sin \frac{1}{2} (z'-z)}{\sin \frac{1}{2} (z'+z)} \cot \frac{1}{2} \alpha \end{aligned} \right\} \dots (c)$$

и наконецъ изъ формулы

$$\sin \varphi = \cos z \cos p + \sin z \sin p \cos (A-A')$$

найдемъ

$$\sin \varphi = \frac{\cos z \cos (p-x)}{\cos x} \left\} \dots (d)$$

$$\text{гдѣ } \operatorname{tang} x = \operatorname{tang} z \cos (A-A')$$

или изъ формулы

$$\sin \varphi = \cos z' \cos p' + \sin z' \sin p' \cos (B-B')$$

найдемъ

$$\left. \begin{aligned} \sin \varphi &= \frac{\cos z' \cos (p' - \gamma)}{\cos \gamma} \\ \text{гдѣ } \tan \gamma &= \tan z' \cos (B - B') \end{aligned} \right\} \dots\dots (e).$$

Син два выраженія опъ φ , должны дать одну и ту же величину, что можетъ служить повѣркою вычисленія.

Часовые углы $ZPA = s$ и $ZPB = s'$ найдутся изъ предъидущей формулы Сферической Тригонометрии (§. 3), и получимся для s

$$\cot s \sin (A - A') = \sin p \cot z - \cos p \cos (A - A'),$$

откуда найдемъ

$$\tan s = \frac{\tan (A - A') \sin x}{\sin (p - x)} \dots (f),$$

гдѣ такъ же какъ и прежде

$$\tan x = \tan z \cos (A - A');$$

а для s'

$$\cot s' \sin (B - B') = \sin p' \cot z' - \cos p' (B - B'),$$

откуда

$$\left. \begin{aligned} \tan s' &= \frac{\tan (B - B') \sin \gamma}{\sin (p' - \gamma)} \\ \text{гдѣ } \tan \gamma &= \tan z' \cos (B - B') \end{aligned} \right\} \dots (g).$$

По менѣе удобны для сего формулы Непера, изъ коихъ сыщутся часовые углы z и z' , и вмѣстѣ съ симъ азимуты наблюдаемыхъ звѣздъ, кои назвавъ буквами ω и ω' , и замѣнивъ, что $AZP=180-\omega$ и $BZP=180-\omega'$, получимъ для звѣзды A

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tang} \frac{1}{2}(\omega+z) &= \frac{\sin \frac{1}{2}(p+z)}{\sin \frac{1}{2}(p-z)} \operatorname{tang} \frac{1}{2}(A-A') \\ \operatorname{tang} \frac{1}{2}(\omega-z) &= \frac{\cos \frac{1}{2}(p+z)}{\cos \frac{1}{2}(p-z)} \operatorname{tang} \frac{1}{2}(A-A') \end{aligned} \right\} \dots (h),$$

а для звѣзды B

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tang} \frac{1}{2}(\omega'+z') &= \frac{\sin \frac{1}{2}(p'+z')}{\sin \frac{1}{2}(p'-z')} \operatorname{tang} \frac{1}{2}(B-B') \\ \operatorname{tang} \frac{1}{2}(\omega'-z') &= \frac{\cos \frac{1}{2}(p'+z')}{\cos \frac{1}{2}(p'-z')} \operatorname{tang} \frac{1}{2}(B-B') \end{aligned} \right\} \dots (i).$$

Смотря по положенію звѣздъ въ отношеніи къ меридіану, сумма или разность часовыхъ угловъ дастъ θ ; а сумма или разность азимутовъ дастъ α , что вновь будетъ служить повѣркою вычисленія.

Въ семъ рѣшеніи вообще надобно смотрѣть въ какомъ положеніи звѣзды A и B находясь въ отношеніи къ меридіану, дабы не оши-

бипсья въ какой четверти круга надобно взять углы A, A', B, B' или съ какими знаками, что весьма легко видѣнь, зная описаніе оныхъ зенита, время прохожденія чрезъ меридіанъ и, хотя приближенно, время наблюденія сихъ двухъ звѣздъ и высоту полюса.

§. 92. Другіе способы для опредѣленія высоты полюса по двумъ высотамъ одной или двухъ разныхъ звѣздъ, упомянутые въ §. 90, суть частные случаи способа, изложеннаго въ предъидущемъ параграфѣ. Разсмотримъ теперь способъ опредѣлять высоту полюса по двумъ высотамъ одной и той же звѣзды, то есть когда $p=p'$.

1.) Положимъ въ формулахъ §. 91 $p=p'$, то изъ формулы (а) найдемъ

$$\sin^2 \frac{1}{2} \alpha = \frac{1}{\sin z \sin z'} \left\{ \sin^2 p \sin^2 \frac{1}{2} \Theta - \sin^2 \frac{1}{2} (z' - z) \right\}$$

$$\cos^2 \frac{1}{2} \alpha = \frac{1}{\sin z \sin z'} \left\{ \sin^2 \frac{1}{2} (z' + z) - \sin^2 p \sin^2 \frac{1}{2} \Theta \right\},$$

гдѣ

$$\sin p \sin \frac{1}{2} \Theta = \sin \frac{1}{2} c,$$

слѣдовательно

$$\sin \frac{1}{2} \alpha = \sqrt{\frac{\sin \frac{1}{2}(c+z'-z) \sin \frac{1}{2}(c-z'+z)}{\sin z \sin z'}}$$

$$\cos \frac{1}{2} \alpha = \sqrt{\frac{\sin \frac{1}{2}(z'+z+c) \sin \frac{1}{2}(z'+z-c)}{\sin z \sin z'}}.$$

Помощь изъ второй формулы (b) будетъ

$$A=B,$$

а изъ первой формулы (b)

$$\cot A = \cos p \cdot \operatorname{tang} \frac{1}{2} \theta;$$

далее изъ двухъ формулъ (c)

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2}(A+B) = \frac{\cos \frac{1}{2}(z'-z)}{\cos \frac{1}{2}(z'+z)} \sqrt{\frac{\sin \frac{1}{2}(z'+z+c) \sin \frac{1}{2}(z'+z-c)}{\sin \frac{1}{2}(c+z'-z) \sin \frac{1}{2}(c-z'+z)}}$$

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2}(A-B) = \frac{\sin \frac{1}{2}(z'-z)}{\sin \frac{1}{2}(z'+z)} \sqrt{\frac{\sin \frac{1}{2}(z'+z+c) \sin \frac{1}{2}(z'+z-c)}{\sin \frac{1}{2}(c+z'-z) \sin \frac{1}{2}(c-z'+z)}}$$

и наконецъ

$$\sin \varphi = \frac{\cos z \cos (x-p)}{\cos x}, \text{ гдѣ } \operatorname{tang} x = \operatorname{tang} z \cos (A-A')$$

$$\sin \varphi = \frac{\cos z' \cos (y-p)}{\cos y}, \text{ гдѣ } \operatorname{tang} y = \operatorname{tang} z' \cos (B-B')$$

II.) Рѣшеніе сей задачи будетъ нѣсколько короче по слѣдующимъ формуламъ:

$$\sin \frac{1}{2}c = \sin p \sin \frac{1}{2}\theta$$

$$\cot A = \cos p \tan g \frac{1}{2}\theta$$

$$\sin \frac{1}{2}A' = \sqrt{\frac{\sin \frac{1}{2}(z' + z - c) \sin \frac{1}{2}(z' - z + c)}{\sin z \sin c}}$$

$$\tan g x = \tan g z \cos (A - A')$$

$$\sin \varphi = \frac{\cos z \cos (p - x)}{\cos x}.$$

Примѣз: Въ обоихъ сихъ случаяхъ часовые углы z и z' , при первомъ и второмъ наблюденіи, найдутся по формулахъ (f) и (g) или (h) и (i), даннымъ въ предыдущемъ параграфѣ.

III.) Говоря о вычисленіи высоты полюса по двумъ высотамъ одной и той же звѣзды, наблюдаемымъ въ разное время, нельзя не упомянуть о способѣ Корнелія Дувеса, который былъ напечатанъ, въ первый разъ, въ запискахъ Гарлемскаго Ученаго Общества Т. I. Англинская Коммиссія о долгошахъ наградила сочинителя 50 фунтами стерлинговъ за его вспомошательныя къ сему способу таблицы, кои послѣ того напечатаны во многихъ мореплавателейныхъ сочиненіяхъ, и вошли въ употребленіе у мореходцевъ всѣхъ просвѣщенныхъ Государствъ. Способъ сей состоитъ

въ помѣ, что сперва по одной высотѣ (*), взятой какъ можно далѣе отъ меридіана, находятъ состояніе хронометра, т. е. сколько онъ впереди или позади отъ истиннаго времени; потомъ симъ даннымъ поправляютъ часовой уголъ другой высоты, взятой близъ меридіана, и наконецъ приводятъ сію послѣднюю къ высотѣ меридіональной. Все сіе можно вычислить по слѣдующимъ формуламъ:

Пусть h будетъ высота, взятая какъ можно далѣе отъ меридіана; h' высота близъ—меридіональная; s и s' принадлежащія къ симъ высотамъ часовые углы; δ склоненіе наблюдаемаго свѣтила, и φ широта мѣста, но получимъ

$$\sin h' = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos s'$$

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos s$$

откуда найдемъ

$$\sin h' - \sin h = \cos \varphi \cos \delta \sin \frac{s+s'}{2} \sin \frac{s-s'}{2}.$$

(*). Подъ одной неопредѣленной высотой можно всегда разумѣть среднюю арифметическую изъ нѣсколькихъ высотъ, взятыхъ вслѣдъ одна за другою весьма въ короткое время.

Если высоты находятся на одной сторонѣ меридіана, то полуразность времени наблюденія, превращенная въ градусы $= \frac{s-s'}{2}$; следовательно

$$\sin \frac{s+s'}{2} = \frac{\cos \frac{h'+h}{2} \sin \frac{h'-h}{2}}{\cos \varphi \cos \delta \sin \frac{s-s'}{2}},$$

и послѣду разность времени наблюденія, а следовательно и $\frac{s-s'}{2}$ извѣстны, то получимъ

$$s' = \frac{s+s'}{2} - \frac{s-s'}{2}.$$

Если же высоты h и h' взяты на разныхъ сторонахъ меридіана, то полуразность времени наблюденій, превращенная въ градусы, будетъ $\frac{s+s'}{2}$, следовательно

$$\sin \frac{s-s'}{2} = \frac{\cos \frac{h'+h}{2} \sin \frac{h'-h}{2}}{\cos \varphi \cos \delta \sin \frac{s+s'}{2}},$$

откуда

$$s' = \frac{s + s'}{2} - \frac{s - s'}{2}.$$

Теперь изъ уравненія для $\sin h'$ получимъ

$$\sin h' = \cos (\varphi \mp \delta) - 2 \cos \varphi \cos \delta \sin \frac{1}{2} s',$$

гдѣ—для сѣвернаго $+$ —для южнаго склоненія: отсюда

$$\cos (\varphi \mp \delta) = \sin h' + 2 \cos \varphi \cos \delta \sin \frac{1}{2} s'.$$

Легко замѣнить, что въ сихъ формулахъ, какъ для опредѣленія высоты полюса, такъ и часоваго угла, искомая широта φ входитъ какъ величина извѣстная; но послѣду, при выборѣ высоты, какой предполагается въ семъ способѣ, ошибка широты весьма мало дѣйствуетъ на опредѣленіе времени, и въ послѣдней формулѣ на опредѣленіе широты, по малости угла s' , то можно принять для вычисленія широту приближенную. Въ морѣ обыкновенно употребляютъ для сего такъ называемую *численную широту*, которую опредѣляютъ по численію *хода* (скорости) и *рума* (направленія) корабля. Если вычисленная такимъ образомъ широта будетъ еще не точна,

то, употребивъ сію послѣднюю вмѣсто стѣпленой, можно повторить вычисленіе, отъ чего вновь опредѣленная широта будетъ гораздо ближе къ истинной. Чтобъ быть увѣреннымъ въ точности опредѣленной симъ способомъ широты, надобно продолжать таковое повтореніе до тѣхъ поръ, пока послѣдняя вычисленная широта не будетъ разниться отъ предыдущей. Дувесъ вычислялъ вспомогабельныя таблицы, которыя весьма удобны и очень сокращаютъ вычисленіе. Однакожъ при всемъ томъ способъ сей или непочтенъ, если будетъ сдѣлано одно вычисленіе, или длиненъ, если оное будетъ повторено досматочное, для вѣрности, число разъ. Сіе замѣтили не только Астрономы, какъ то: Деламбръ и Горнеръ, но и мореходцы, какъ Капитанъ Дюбургенъ.

Способъ сей по большой части употребляется въ морѣ, но шатъ—то болѣе всего оказывается отъ неудобнымъ: ибо въ морѣ, по чрезвычайной трудности наблюдать ночью неподвижныя звѣзды, наблюдаютъ болѣе солнце, которос перемѣняетъ свое склоненіе. По сей причинѣ Г. Дувесъ совѣтуетъ брать

склоненіе солнца для времени средняго изъ время наблюденья, и принимая оное постояннымъ; но это, послѣ приближенной широты, будетъ другое ложное предположеніе, которое одно, около равноденствій, можетъ произвестъ до чепырехъ минутъ ошибки въ широтѣ. Г. Дюбургенъ нашелъ поправки, кои даютъ истинную широту, не повноря вычисленіе, какъ мы прежде сего предложили; но онъ самъ признается, что поправки сии дѣлаютъ вычисленіе длиннымъ (См: *Correspondance Astronomique du Bar. de Zach* vol. IV) И такъ надобно согласиться съ Деламбромъ, что прямой способъ вычисленія широты по двумъ высотамъ всегда вѣрнѣе, и часно короче способа Дувеса, основаннаго на правилѣ приближеній.

II). Деламбръ предлагаетъ для рѣшенія сей задачи слѣдующія формулы:

Пусть будутъ взяты двѣ разныя высоты h и h' солнца, одна близъ перваго вертикала, а другая какъ можно ближе къ меридіану, и положимъ, что T и T' будутъ времена сихъ двухъ наблюдень по хронометру. Изъ сихъ время можно приближенно знать истинное

время наблюденія, а сего уже достаточно, чтобы, зная, хотя также приближенно, долготу мѣсна, сыскашь по таблицахъ склоненія солнца δ и δ' , симъ двумъ наблюденіямъ соотвѣстующія. Пусть x будетъ число секундъ на сколько хронометръ уйдетъ впередъ въ сутки противъ истиннаго времени, то получимъ (фиг. 10)

$$24^h + x : 360^\circ = T' - T : APB,$$

откуда

$$APB = \frac{360^\circ \cdot (T' - T)}{24^h + x},$$

и положивъ $BA P = A, ZAB = \theta, ZPA = s, ZPB = s', AB = c$ получимъ изъ главныхъ формулъ Сферической Тригонометріи:

$$\text{tang } A' = \frac{\text{tang } \theta \cdot \sin y}{\cos (\delta + y)}$$

$$\cos c = \frac{\sin \delta' \sin (\delta + y)}{\cos y} \text{ или } \cot c = \cos A \text{ tang } (\delta + y),$$

$$\text{rgt } \dots \text{ tang } y = \cos \theta \cot \delta'$$

$$\sin^2 \frac{1}{2} A' = \frac{\cos \left(\frac{h + h' + c}{2} \right) \sin \left(\frac{h + h' + c}{2} - h' \right)}{\cos h \sin c}$$

$$u = A = A' = ZAP.$$

Знакъ $+$ если солнце проходитъ чрезъ меридианъ между зенитомъ и полюсомъ, но есть если $\varphi < \delta$. Наконецъ получимъ

$$\operatorname{tang} s = \frac{\operatorname{tang} u \sin z}{\cos(\delta + z)}$$

$$\operatorname{tang} \varphi = \cos s \operatorname{tang}(\delta + z)$$

или $\sin \varphi = \frac{\sin h \sin(\delta + z)}{\cos z},$

гдѣ $\operatorname{tang} z = \cos u \cot h.$

Впрочемъ сѣи формулы принадлежатъ къ общему случаю опредѣлять широту по двумъ разнымъ высотамъ двухъ различныхъ звѣздъ, и можетъ замѣнить формулы, данныя въ §. 91,

§. 93. Для опредѣленія широты по двумъ равнымъ высотамъ двухъ различныхъ звѣздъ надобно положить въ формулахъ §. 91 $z = z'$, и тогда получимъ

$$\sin^2 \frac{1}{2} \alpha = \frac{\sin p \sin p' \sin^2 \frac{1}{2} \theta + \sin^2 \frac{1}{2} (p' - p)}{\sin^2 z}$$

$$\operatorname{tang} \frac{1}{2} (A + B) = \frac{\cos \frac{1}{2} (p' - p)}{\cos \frac{1}{2} (p' + p)} \cot \frac{1}{2} \theta$$

$$\operatorname{tang} \frac{1}{2} (A - B) = \frac{\sin \frac{1}{2} (p' - p)}{\sin \frac{1}{2} (p' + p)} \cot \frac{1}{2} \theta;$$

потомъ изъ втораго уравненія (с)

$$A' = B',$$

а изъ перваго уравненія (с)

$$\cot A' = \cos z \operatorname{tang} \frac{1}{2} \alpha,$$

и наконецъ

$$\sin \varphi = \frac{\cos z \cos (x-p)}{\cos x} = \frac{\cos z \cos (y-p')}{\cos y}$$

$$\operatorname{tg} s = \frac{\operatorname{tg} (A-A') \sin x}{\sin (p-x)}, \operatorname{tg} s' = \frac{\operatorname{tg} (B-A') \sin y}{\sin (p'-y)},$$

$$\operatorname{tg} \operatorname{tang} x = \cos (A-A') \operatorname{tang} z, \operatorname{tang} y = \cos (B-A') \operatorname{tang} z.$$

§. 94. Числѣ опредѣлить ширину по двумъ высотамъ двухъ различныхъ звѣздъ, наблюдаемымъ на одномъ вертикалѣ, должно положить въ общемъ рѣшеніи (§. 91), $\alpha = 180^\circ$: тогда получится

$$A' = B' = 0$$

и

$$\operatorname{tang} \frac{1}{2} (A+B) = \frac{\cos \frac{1}{2} (p'-p)}{\cos \frac{1}{2} (p'+p)} \cot \frac{1}{2} \theta$$

$$\operatorname{tang} \frac{1}{2} (A-B) = \frac{\sin \frac{1}{2} (p'-p)}{\sin \frac{1}{2} (p'+p)} \cot \frac{1}{2} \theta,$$

наконецъ

$$\sin \varphi = \frac{\cos z \cos (x-p)}{\cos x} = \frac{\cos z' \cos (y-p')}{\cos y}$$

$$\operatorname{tang} s = \frac{\operatorname{tang} A \sin x}{\sin(p-x)}, \quad \operatorname{tang} s' = \frac{\operatorname{tang} B \sin y}{\sin(p'-y)},$$

$$\text{гдѣ} \quad \operatorname{tang} x = \cos A \operatorname{tang} z, \quad \operatorname{tang} y = \cos B \operatorname{tang} z'.$$

§. 95. Разсмотримъ теперь какія наблюде-
нія будутъ удобнѣе для опредѣленія широты
и времени по двумъ высотамъ. Для сего воз-
мемъ уравненіе

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos s,$$

гдѣ h высота, а δ склоненіе звѣзды, и диф-
ференцируемъ оное, принимая h , φ и s пере-
мѣняющимися, то получимъ

$$\cos h \, dh = (\cos \varphi \sin \delta - \cos s \sin \varphi \cos \delta) \, d\varphi \\ - \cos \varphi \cos \delta \sin s \, ds;$$

но какъ

$$\cos \varphi \operatorname{tang} \delta - \cos s \sin \varphi = -\sin s \cot \omega$$

$$\text{и} \quad \frac{\sin s \cos \delta}{\cos h} = \sin \omega,$$

гдѣ ω есть азимутъ, считая оный отъ дуги
меридіана, идущей отъ зенита къ экватору,
то найдемъ

$$dh = -\cos \omega \, d\varphi - \cos \varphi \sin \omega \, ds.$$

Подобнымъ образомъ для другой звѣзды будетъ

$$dh' = -\cos\omega' d\varphi - \cos\varphi \sin\omega' ds,$$

гдѣ dh и dh' суть ошибки, сдѣланныя въ наблюдаемыхъ высотахъ; а $d\varphi$ и ds производныя оныхъ оныхъ ошибки въ широтѣ и въ часовомъ углѣ. Изъ двухъ послѣднихъ уравненій найдемъ

$$d\varphi = \frac{dh \sin\omega'}{\sin(\omega - \omega')} - \frac{dh' \sin\omega}{\sin(\omega - \omega')},$$

$$ds = \frac{dh \cos\omega'}{\cos\varphi \sin(\omega' - \omega)} - \frac{dh' \cos\omega}{\cos\varphi \sin(\omega' - \omega)}.$$

Отсюда явствуетъ, что должно избѣгать такіа наблюденья, при коихъ $\omega' - \omega$ равно 0° и 180° .

§. 96. Хотя предъидущій параграфъ показываетъ, что способъ опредѣлять широту по двумъ высотамъ, наблюдаемымъ на одномъ вертикалѣ, весьма не удобенъ: ибо въ семъ случаѣ погрѣшности, сдѣланныя въ высотахъ могутъ произвести значительныя ошибки въ широтѣ; однакожъ нельзя сказать, чтооъ такого рода наблюденья были бесполезны для опредѣленія высоты полюса. Въ недавнемъ еще времени извѣстный Кенигсбергскій Астрономъ Профессоръ Бессель далъ способъ опре-

дѣляя высоту полюса по двумъ наблюденіямъ какой нибудь звѣзды на одномъ верши-
калѣ, зная склоненія оной и времена прохож-
денія звѣзды чрезъ данный вершикальный кругъ
по восточную и по западную сторону мери-
діана. Въ семъ способѣ Г. Профессоръ Бес-
сель, исключивъ высоты, замѣнилъ оныя часо-
выми углами, кои онъ предполагаетъ извѣст-
ными посредствомъ другихъ какихъ нибудь
способовъ, изложенныхъ нами въ Главѣ IX, и
такимъ образомъ уничтожилъ вліяніе на ши-
роту ошибокъ, могущихъ произойти при наб-
люденіи высотъ. Формула Бесселя весьма
легко выведена изъ Формулы §. 91, если по-
ложимъ $p=p'$, и тогда получимъ

$$\cot A = \cos p \cdot \tan \frac{1}{2}\theta,$$

а изъ пренняго главнаго уравненія Сферичес-
кой Тригонометріи будетъ

$$\cot A \sin s = \tan \varphi \sin p - \cos p \cos s,$$

куда вставивъ вмѣсто $\cot A$ его значеніе най-
демъ

$$\tan \varphi = \cot p \frac{\cos(\frac{1}{2}\theta - s)}{\cos \frac{1}{2}\theta};$$

но какъ $\theta = s + s'$, то

$$\operatorname{tang} \varphi = \cot p \frac{\cos \frac{1}{2} (s' - s)}{\cos \frac{1}{2} (s' + s)}.$$

Если положимъ, что t и t' суть времена, по хронометру, прохождений звѣзды чрезъ восточную и западную часть даннаго вершикальнаго круга; κ и κ' ошибки, какія должно придать къ t и t' , чтобы получить звѣздное время, и ρ прямое восхожденіе звѣзды, то получимъ

$$\begin{aligned} s &= \rho - 15 (t + \kappa) \\ s' &= 15 (t' + \kappa') - \rho, \end{aligned}$$

слѣдовательно

$$\begin{aligned} s' + s &= 15 \{ t' + \kappa' - t - \kappa \} \\ s' - s &= 15 \{ t' + \kappa' + t + \kappa \} \end{aligned}$$

Г. Профессоръ Бессель совѣдуетъ спавинъ инструменти такъ, чтобы азимутъ даннаго вершикальнаго круга близко подходить къ 90° : ибо въ такомъ случаѣ всѣ непредвидимыя ошибки наблюдений имѣютъ наименьшее вліяніе на вычисленіе широты. Если сей азимутъ разнился отъ 90° не болѣе одной минуты, то

можно принять вместо выведенной нами формулы для $\tan \varphi$ следующую

$$\tan \varphi = \tan \delta \sec \frac{15}{2} (l' + \kappa' - l - \kappa).$$

Въ такомъ случаѣ не нужно знать ни прямого восхожденія звѣзды, ни поправки хронометра, и единственно должны быть известны склоненіе звѣзды, разность времени наблюденія и ходъ хронометра $\kappa' - \kappa$ въ продолженіи времени отъ перваго наблюденія до послѣдняго, въ сравненіи съ звѣзднымъ временемъ.

Дифференцированіе послѣдней формулы покажетъ ошибку широты $d\varphi$, происходящую отъ неистощности склоненія $d\delta$ и хода часовъ $d(\kappa' - \kappa)$: мы получимъ

$$d\varphi = d\delta \frac{\sin 2\varphi}{\sin 2\delta} + \frac{15}{4} d(\kappa' - \kappa) \sin 2\varphi \tan \frac{15}{2} (l' + \kappa' - l - \kappa).$$

Отсюда видно, что ошибка, происходящая отъ хода часовъ, будетъ тѣмъ менѣе, чѣмъ менѣе разность времени наблюденія, слѣдовательно чѣмъ ближе къ зениту звѣзда проходитъ чрезъ меридіанъ: почему и должно преимущественно выбирать таковыя звѣзды.

Ходъ часовъ обыкновенными способами опредѣляется гораздо точнѣе, нежели сколько здѣсь нужно, а по сему ошибку онаго можно начинать за ничто.

Остается теперь только ошибка склоненія. Произшедшая отъ оной погрѣшность въ широтѣ будетъ

$$d\varphi = d\delta \frac{\sin 2\varphi}{\sin 2\delta},$$

которая для звѣзды, проходящей чрезъ зенитъ, равна ошибкѣ склоненія. Если высота полюса $< 45^\circ$, то ошибка оной будетъ нѣсколько больше ошибки склоненія звѣзды, проходящей чрезъ меридіанъ близъ зенита; напротивъ того, если высота полюса $> 45^\circ$, то можно выбирать такія звѣзды, что ошибка широты будетъ меньше ошибки склоненія. Лучшее всего избирать звѣзды, коихъ склоненіе заключается между $90 - \varphi$ и φ : ошибка широты будетъ меньшая; если $\delta = 45$. Ежели посредствомъ сего способа мы будемъ опредѣлять разность Географическихъ широтъ двухъ мѣстъ, для чего

онъ преимущественно удобенъ, но ошибка склоненія будетъ имѣть на оную весьма малое вліяніе. Способъ сей въ особенности имѣть хорошъ, что онъ можетъ быть независимъ отъ всѣхъ возможныхъ погрѣшностей инструмента.

§. 97. Къ сему способу Бесселя мы прибавимъ, что можно, не ограничиваясь наблюденіями одной звѣзды, опредѣлить высоту полюса, наблюдая два прохожденія чрезъ одинъ и тотъ же вертикальный кругъ, двухъ разныхъ неподвижныхъ звѣздъ, коихъ склоненія δ и δ' . Для сего положимъ, что часовые углы s и s' найдены, первой на восточной сторонѣ отъ меридіана, а второй на западной: ибо такое условіе удобно для сего способа, и тогда назвавъ противоположный дугъ $90^\circ - \delta$ азимутомъ вертикальнаго круга буквою ω , получимъ

$$- \cot \omega \sin s - \cos s \sin \varphi + \tan \delta \cos \varphi = 0$$

$$\text{и} \quad \cot \omega \sin s' - \cos s' \sin \varphi + \tan \delta' \cos \varphi = 0,$$

откуда будетъ

$$\tan \varphi = \tan \delta \frac{\sin s'}{\sin (s + s')} + \tan \delta' \frac{\sin s}{\sin (s - s')}$$

или

$$\begin{aligned} \operatorname{tang} \varphi = & \frac{\sin (\delta' - \delta) \sin \frac{1}{2} (s - s')}{2 \cos \delta \cos \delta' \sin \frac{1}{2} (s + s')} \\ & + \frac{\sin (\delta' + \delta) \cos \frac{1}{2} (s - s')}{2 \cos \delta \cos \delta' \cos \frac{1}{2} (s + s')}. \end{aligned}$$

Бесселевъ способъ есть частный случай сего послѣдняго, и формула его иногда получается, если мы въ послѣднемъ значеніи онъ $\operatorname{tang} \varphi$ положимъ $\delta' = \delta$.

Сіе общее рѣшеніе имѣтъ удобно, что оно избавляетъ наблюдателя онъ труда дожидаться втораго прохожденія звѣзды чрезъ данной вершикальной кругъ, и вычислять предварительно время онаго. Для опредѣленія высоты полюса симъ послѣднимъ способомъ можно сдѣлать полное наблюденіе весьма въ короткое время: ибо, замѣнивъ время прохожденія какой нибудь извѣстной звѣзды чрезъ данной вершикальной кругъ по одну сторону меридіана, сноровъ только обратишь трубу инструмента на другую сторону онаго, не измѣняя азимута, и тогда первая, встрѣтившаяся извѣстная звѣзда, дополнитъ наблюденіе.

§. 98. Знаменитый Гейнриггенскій Астрономъ Профессоръ Гаусъ предложилъ еще слѣдующій способъ опредѣлять высоту полюса, часовой уголъ и еще какую нибудь неизвѣстную величину по тремъ наблюденіямъ трехъ различныхъ звѣздъ.

Положимъ что $\varrho, \varrho', \varrho''$ будутъ прямые восхожденія; $\delta, \delta', \delta''$ склоненія, и t, t', t'' времена наблюденія, по хронометру, трехъ звѣздъ, наблюдаемыхъ на одной высотѣ h .

Если хронометръ идетъ по звѣздному времени и κ есть время, на сколько онъ назади отъ онаго, то часовые углы будутъ

$$\begin{aligned}s &= 15(t + \kappa) - \varrho \\ s' &= 15(t' + \kappa) - \varrho' \\ s'' &= 15(t'' + \kappa) - \varrho''.\end{aligned}$$

Теперь положимъ

$$15t - \varrho = n, 15t' - \varrho' = n', 15t'' - \varrho'' = n'', \text{ то получимъ}$$

$$\left. \begin{aligned}\sin h &= \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos(n + 15\kappa) \\ \sin h &= \sin \varphi \sin \delta' + \cos \varphi \cos \delta' \cos(n' + 15\kappa) \\ \sin h &= \sin \varphi \sin \delta'' + \cos \varphi \cos \delta'' \cos(n'' + 15\kappa).\end{aligned} \right\} \dots (1)$$

Вычтя первое уравненіе изъ втораго найдемъ

$$\begin{aligned} \operatorname{tang} \varphi = & \cos \frac{n' - n}{2} \operatorname{tang} \frac{\delta' + \delta}{2} \cos \left(\frac{n' + n}{2} + 15\kappa \right) \\ & + \sin \frac{n' - n}{2} \cot. \frac{\delta' - \delta}{2} \sin \left(\frac{n' + n}{2} + 15\kappa \right), \end{aligned}$$

гдѣ положивъ

$$A \sin B = \sin \frac{n' - n}{2} \cot. \frac{\delta' - \delta}{2}$$

$$A \cos B = \cos \frac{n' - n}{2} \operatorname{tang} \frac{\delta' + \delta}{2}$$

и $C = \frac{n' + n}{2} - B,$

получимъ

$$\operatorname{tang} \varphi = A \cos (C + 15\kappa) \dots (2).$$

Равнымъ образомъ, вычисл. первое уравненіе (1) изъ третьяго и положивъ

$$A' \sin B' = \sin \frac{n'' - n}{2} \cot. \frac{\delta'' - \delta}{2}$$

$$A' \cos B' = \cos \frac{n' - n}{2} \operatorname{tang} \frac{\delta'' + \delta}{2}$$

и $C = \frac{n'' + n}{2} - B'.$

получимъ

$$\operatorname{tang} \varphi = A' \cos (C' + 15\kappa) \dots (3);$$

а изъ сихъ двухъ значеній отъ $\text{tang } \varphi$ найдемъ

$$\frac{\cos(C'+15\kappa)-A}{\cos(C+15\kappa)-A'}$$

или

$$\frac{\cos(C+15\kappa)-\cos(C'+15\kappa)-A'+A}{\cos(C+15\kappa)+\cos(C'+15\kappa)-A'+A},$$

откуда будетъ

$$\text{tang} \left\{ \frac{C'+C}{2} + 15\kappa \right\} = \frac{A'-A}{A'+A} \cot \frac{C'-C}{2}.$$

Еще легче для вычисленія, если мы положимъ

$\frac{A}{A'} = \text{tang } x$, тогда получимъ

$$\text{tang} \left\{ \frac{C+C'}{2} + 15\kappa \right\} = \text{tang}(45^\circ - x) \cot \left(\frac{C'-C}{2} \right). \quad (1)$$

Такимъ образомъ изъ уравненія (1) найдемъ κ , т. е. сколько часы назади отъ звѣзднаго времени; изъ уравненія (2) или (5) найдемъ широту мѣста, а изъ уравненія (1) высоту.

При семъ рѣшеніи надобно сдѣлать слѣдующія замѣчанія:

1-е) Чисобы изъ двухъ уравненій $A \sin B = M$ и $A \cos B = N$ сыскать A и B , получимъ формулы

$$\operatorname{tang} B = \frac{M}{N}$$

$$A = \frac{M}{\sin B} \text{ или } A = \frac{N}{\cos B}$$

Первое выражение для A должно быть предпочтено, когда $M > N$; а въ противномъ случаѣ второе. При опредѣленіи угла B можно взять любой произвольно въ первой или третьей четверти круга, если $\frac{M}{N}$ положи-

тельно, и во второй или четвертой, если $\frac{M}{N}$ отрицательно: надобно выбирать такъ, чтобъ синусъ B имѣлъ знакъ находящійся при M , а косинусъ—знакъ, стоящій при N , тогда A всегда будетъ величина положительная.

2-е) При опредѣленіи величины $\frac{1}{2}(C+C') + 15k$, коей тангенсъ также можетъ быть положительнымъ и отрицательнымъ, надобно такъ выбирать, чтобъ въ сѣверномъ полушаріи φ была положительная величина.

3-е) Чибъ ошибки наблюдений сдѣлали какъ можно меньшую погрѣшность въ опре-

дѣленіи высоты полюса и часовыхъ угловъ, надобно выбирать такія наблюденія, чѣмъ бы разность азимутовъ, наблюдаемыхъ звѣздъ, не была очень мала.

Сей способъ въ особенности полезенъ для шѣхъ, кѣмъ, желая опредѣлить высоту полюса, не имѣютъ для сего вѣрныхъ инструментовъ.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ.

ОБЪ ОПРЕДѢЛЕНІИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ДОЛГОТЫ МѢСТЪ.

§. 99. Географическая долгота мѣста измѣряется дугою экватора, заключающеюся между какою нибудь постоянною на ономъ точкою и меридіаномъ даннаго мѣста. Меридіанъ таковой начальной точки называется *первымъ меридіаномъ*, и долготы мѣстъ, лежащихъ на восточной сторонѣ отъ сего послѣдняго, именуемыхъ *восточными*, а шѣхъ мѣстъ, кои находясь на западной сторонѣ отъ перваго меридіана, называются *западными долготами*.

На земной поверхности нѣтъ ни одного меридіана, коимъ бы опредѣленъ самая природа, такъ какъ Экваторъ; слѣдовательно первымъ меридіаномъ можно назвать произвольно меридіанъ всякаго мѣста. Въ Географіи условились принять таковымъ меридіанъ острова Ферро, лежащій на 20° къ Западу отъ меридіана Парижа, для того, что онъ раздѣляетъ земную поверхность весьма удобно для черченія Планисферъ, такъ что старый и новый свѣтъ можно представить почти въ цѣлости на двухъ разныхъ полушаріяхъ; но Астрономы считаютъ обыкновенно долготу своего мѣста отъ того меридіана, для коего вычислены таблицы, ими употребляемыя. Таковое разнообразіе въ счисленіи не дѣлаетъ никакого затрудненія: ибо въ Астрономіи доспашочно знаютъ разности долготъ двухъ мѣстъ, коихъ положеніе сравнивается; надобно только, когда означается долготы какого нибудь мѣста на земной поверхности, сказано отъ какого меридіана она считается отъ Парижскаго, Гринвичскаго, С. Петербургскаго или другаго какого нибудь мѣста.

§. 100. Солнце, по причинѣ равномернаго суточного движенія земли, описываетъ параллельный кругъ въ продолженіи 24 часовъ, и проходящій опъ меридіана къ меридіану во время равное разности долготы раздѣленной на 15: ибо назвавъ L разность долготъ двухъ мѣстъ и t время, которое солнце употребляетъ опъ прохожденія чрезъ меридіанъ одного мѣста до меридіана другаго, получимъ

$$360^{\circ}:24^h=L:t,$$

слѣдовательно

$$t=\frac{L}{15} \text{ или } L=15t.$$

§. 101. Послѣку во всякомъ мѣстѣ считаютъ O часовъ или полдень въ то время, когда солнце находится на меридіанѣ онаго, но легко себѣ представивъ, что въ одно и то же мгновеніе считаютъ одинакое число часовъ только въ мѣстахъ, подъ однимъ меридіаномъ находящихся; подъ разными же меридіанами / и счисленіе времени для различно, такъ что разность часовъ поснавленныхъ по истинному, среднему или звѣздному времени, подъ разными меридіанами, равна разности

долготъ раздѣленной на 15. Если подъ какимъ нибудь меридіаномъ считающъ T часовъ, то, въ то же самое мгновеніе, подъ другимъ меридіаномъ, отстоящимъ отъ перваго къ востоку на долготу L , должно считать $T + \frac{L}{15}$ часовъ; а подъ меридіаномъ, лежащимъ отъ перваго къ западу на долготу L градусовъ, должно считать $T - \frac{L}{15}$ часовъ.

§. 102. Основываясь на предыдущемъ, разносъ долготъ двухъ мѣснъ найденъ, если извѣстны, въ обоихъ сихъ мѣснахъ, часть дня въ одно и то же мгновеніе. Для сего съ пользою употребляютъ вѣрные хронометры, кои искусиво довело до того, что они могутъ быть переносимы изъ одного мѣсна въ другое на довольно большое пространство, не теряя своего постояннаго хода. Положимъ, что таковой хронометръ былъ повѣренъ наблюденіями въ какомъ нибудь мѣснѣ A и найдено, что во время T , по сему хронометру, онъ былъ впереди истиннаго средняго времени α часовъ, минутъ и секундъ, и уходитъ отъ онаго въ сутки на γ секундъ. Послѣ сего

пусть по прошествии n дней хронометръ сей перенесенъ въ другое мѣсто B и найдено, что онъ во время T' , по сему хронометру, впереди прошивъ средняго времени сего послѣдняго мѣста b часовъ, минутъ и секундъ, тогда получимъ среднее время послѣдняго наблюденія

въ B $T' - b$

въ A $T' - a - (n + \frac{T' - T}{24 + \gamma}) \gamma$,

слѣдовательно разность долготъ сихъ двухъ мѣстъ будетъ

$$\pm 15 \left\{ a + (n + \frac{T' - T}{24 + \gamma}) \gamma - b \right\}.$$

$+$ или $-$ если B лежитъ къ востоку или къ западу отъ A .

§. 103. Для опредѣленія долготы мѣста предъидущимъ способомъ надобно переѣзжать съ хронометромъ изъ одного мѣста въ другое, что часто сопряжено бываетъ или съ затрудненіями, или съ большими издержками: сверхъ того, часто, нельзя положиться на вѣрность хронометра въ продолженіи мно-

гихъ дней. Въ такомъ случаѣ можно опредѣлить разность долготы двухъ мѣстъ, если два наблюдателя, въ мѣснахъ сихъ находящіеся, условятся опредѣлить часть дня, каждой для своего меридіана, по какому нибудь сигналу, въ одно и то же мгновеніе. Таковыми сигналами могутъ служить заимѣнія луны или Юпитеровыхъ спутниковъ, послѣку явленія сіи случаются въ одно время для всей земной поверхности, независимо отъ положенія мѣстъ на оной.

Положимъ, что начало или конецъ заимѣнія луны или Юпитерова спутника наблюдаемы были въ одномъ мѣстѣ въ T часовъ, а въ другомъ въ T' часовъ истиннаго, средняго или звѣзднаго времени, то разность долготъ сихъ двухъ мѣстъ наблюденія будетъ

$$15 (T' - T).$$

Второе мѣсто воспоиже перваго, если $T' > T$.

Поправка часовъ, по коимъ дѣлаются наблюденія, или приведеніе оныхъ къ истинному, среднему или звѣздному времени, найденся однимъ изъ способовъ, изложенныхъ въ Гл. IX;

но можно обойтись и безъ того, если незадолго до наблюденія затмѣнія, или вскорѣ послѣ онаго наблюдаемо будетъ прохожденіе какой нибудь неподвижной звѣзды чрезъ меридіанъ въ обоихъ мѣстахъ, коихъ разность долготы ищется. Пусть T и T' будутъ времена наблюденія начала, или конца затмѣнія, по хронометрамъ, въ двухъ мѣстахъ на земной поверхности, а t и t' времена прохожденія какой нибудь неподвижной звѣзды чрезъ меридіанъ перваго и втораго мѣста, по тѣмъ же хронометрамъ замѣченныя, то будетъ $t - T$ время прошедшее отъ наблюденія затмѣнія до прохожденія звѣзды чрезъ меридіанъ въ первомъ мѣстѣ, а $t' - T'$ время прошедшее отъ наблюденія затмѣнія до прохожденія звѣзды чрезъ меридіанъ во второмъ мѣстѣ. Отсюда легко заключить, что звѣзда проходитъ чрезъ меридіанъ перваго мѣста

$$(t - T) - (t' - T')$$

часовъ ранѣе, нежели чрезъ меридіанъ втораго мѣста; слѣдовательно разность долготъ сихъ двухъ мѣстъ будетъ

$$15 ((t - T) - (t' - T')).$$

Если $t' - T'$ больше, нежели $t - T$, то второе мѣсто восточнѣе перваго.

§. 104. Причиною луннаго заимѣнія есть земная тѣнь, въ которую луна погружаясь, лишается своего заимственнаго отъ солнца свѣта, но какъ тѣнь сія весьма не ясно ограничена, то очень трудно замѣнить, съ доснапочною вѣрностію, мгновеніе вхожденія луны въ тѣнь и выходенія изъ оной. Нѣсколько вѣрнѣе можно наблюдать вхожденіе и выходеніе различныхъ лунныхъ пятенъ; при всемъ томъ, однакожъ, лунныя заимѣнія не могутъ быть наблюдаемы съ доснапочною, для опредѣленія долготы, вѣрностію. Заимѣнія двухъ первыхъ Юниперовыхъ спутниковъ даютъ долготу вѣрнѣе лунныхъ заимѣній; но тутъ должно брать большія предосторожности, а именно надобно, чтобъ въ обоихъ мѣсяцѣхъ наблюдений были употреблены трубы одинаковаго увеличиванія и доброшы, надобно, чтобы въ каждомъ мѣсяцѣ было наблюдаемо одинаковое число вхожденій спутника въ тѣнь Юнипера и выходеній изъ оной, и наконецъ должно избѣгать наблюдений заимѣ-

мѣній, случающихся близко къ проливоспо-
янію Юпитера съ солнцемъ: сѣи изрудосни
заснавили Аспрономовъ искашь другихъ спо-
собовъ для опредѣленія долгошы.

§. 105. Для опредѣленія разносни долгошы
мѣснъ, находящихся не въ дальнемъ разсно-
яніи одно отъ другаго; съ большею пользою
употребляють земные сигналы, какъ шо: мгно-
венно погашенное пламя, взрывъ броненной
ракеты и тому подобное; но самый лучший и
удобнѣйшій для сего есть, шакъ называемый,
пороховой сигналъ, посредствомъ коего раз-
носнь долгошы опредѣляется съ великою
точноснію. Когда загрузиши три или чешы-
ре лоша обыкновеннаго пороха, шо мгновен-
ное пламя онаго можетъ бышь видимо съ по-
моцію трубы, увеличивающей въ двадцать
разъ, даже и въ ясный день, на разстояніи
пяши или шести Нѣмецкихъ миль. Опыты
Цаха показываютъ, что если мѣсто, на ко-
емъ порохъ заженъ довольно возвышено, шо
пламя отъ 10 или 15 лошаовъ пороха можетъ
бышь видимо ночью въ окружности на 30
миль.

Способъ сей не только точенъ, но и весьма удобенъ. Стоишь только замѣнить въ двухъ мѣсяхъ мгновеніе сдѣланнаго сигнала, по разности истиннаго, средняго или звѣзднаго времени наблюденія, въ мѣсяхъ сихъ замѣченнаго, дастъ разность долготъ ихъ. Если сигналъ дѣлается ночью, то зрительныя трубы, для наблюденія сего сигнала въ мѣсяхъ, коихъ положеніе сравнивается, должно поставитъ въ предшесвующій день.

§. 106. Луна двигается около земли съ такою скоростію, что перемѣняетъ свое прямое восхожденіе часно до 15° въ сутки. Таковое быстрое движеніе подаеиъ еще способъ опредѣляиъ разность долготъ, двухъ мѣстъ на земной поверхности. Способъ сей можно раздѣлитъ на два рода: первый чрезъ перемѣну прямого возхожденія, а второй чрезъ перемѣну угловыхъ разстояній отъ какого иибудь другаго небеснаго свѣтила.

Въ первомъ случаѣ стоишь только опредѣлитъ наблюденіями прямая восхожденія Луны, во время прохожденія оной чрезъ меридіанъ двухъ мѣстъ, коихъ ищется разность

долготъ L , и тогда, назвавъ сін прямая восхожденія буквами ϱ и ϱ' , и положивъ, что α будетъ часовое измѣненіе прямого восхожденія луны, получимъ

$$\alpha: 1^h = \varrho - \varrho' : \frac{L}{15};$$

слѣдовательно

$$L = 15 \cdot \frac{\varrho - \varrho'}{\alpha}$$

α найдемся изъ наблюдений въ предъидущій и послѣдующій дни или изъ Астрономическихъ таблицъ. Гдѣ прямое восхожденіе луны болѣе, то мѣсто лежитъ западѣе.

§. 107. Сей способъ можетъ быть употребленъ съ пользою и путешествующими Астрономами, кои за неимѣніемъ меридіональной трубы могутъ употребить соотвѣстственные высоты луны. Для сего положимъ, что T и T' будутъ времена по хронометру равныхъ высотъ луны h , взятыхъ до прохода и послѣ прохода оной чрезъ меридіанъ, δ и δ' склоненіе сего свѣтила во время перваго и послѣдняго наблюденья, t часть хронометра

во время прохожденія и φ широта мѣста, по
будетъ (Гл: IX §. 76).

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos 15 (t - T)$$

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta' + \cos \varphi \cos \delta' \cos 15 (T' - t),$$

$$\text{откуда, положивъ } \delta - \delta' = d\delta \text{ и } 15(t - \frac{T+T'}{2}) = u,$$

получимъ

$$\sin u + \cot 15 \frac{T' - T}{2} \operatorname{tang} \frac{\delta + \delta'}{2} \operatorname{tang} \frac{d\delta}{2} \cos u$$

$$= \frac{\operatorname{tang} \varphi \operatorname{tang} \frac{d\delta}{2}}{\sin 15 \left(\frac{T' - T}{2} \right)},$$

гдѣ положивъ

$$\operatorname{tang} x = \frac{\operatorname{tang} \frac{\delta + \delta'}{2}}{\operatorname{tang} 15 \left(\frac{T' - T}{2} \right)} \operatorname{tang} \frac{d\delta}{2},$$

получимъ

$$\sin (u + x) = \frac{\cos x \operatorname{tang} \varphi}{\sin 15 \left(\frac{T' - T}{2} \right)} \operatorname{tang} \frac{d\delta}{2},$$

откуда опредѣливъ u найдемъ

$$t = \frac{T+T'}{2} + \frac{u}{15}.$$

Зная состояніе и ходъ хронометра, можно время t прохода луны чрезъ меридіанъ привести въ среднее время, а отсюда, по способу, изложенному въ Гл. VIII. § 68, въ звѣздное, которое, будучи помножено на 15, дастъ прямое восхожденіе луны.

§. 108. Способъ разностей состоятъ въ томъ, что измѣряютъ угловое разстояніе луны отъ солнца, планетъ или неподвижныхъ звѣздъ и замѣчаютъ часъ, мину и секунду наблюденія: потомъ, исправивъ сіе разстояніе отъ дѣйствія на оное параллакса и Астрономическаго преломленія, вычисляютъ по таблицамъ во сколько часовъ, минутъ и секундъ сіе разстояніе должно бытъ гъ томъ мѣстѣ, для коего таблицы сочинены; и тогда разность сихъ временъ, приведенная въ градусы, дастъ разность долготы. Для облегченія вычисленія въ Астрономическихъ календаряхъ, какъ напримѣръ: *Connaissance des tems*, разстояніе луны и неподвижныхъ звѣздъ даны на

каждые три часа въ сутки, для Парижскаго меридіана. Въ теченіи прехъ часовъ перемѣна разстояній довольно равномерна, такъ что можно, по пройному правилу, вычислить разстояніе для всякаго часа, или на оборотъ часъ, минуту и секунду можно вычислить для всякаго разстоянія.

§. 109. Наблюдаемыя разстоянія, которыя обыкновенно называются *видимыми*, по мѣрѣ возвышенія свѣтила надъ горизонтомъ измѣняются онѣ дѣйствія параллакса и Астрономическаго преломленія. По сей причинѣ разстоянія сіи приводятъ къ ценнру земли и исправляютъ онѣ дѣйствія рефракціи. Исправленныя такимъ образомъ разстоянія называются *истинными*.

§. 110. Чинобъ сыскать истинное разстояніе луны онѣ какого нибудь другаго свѣтила изъ видимаго, положимъ (фиг. 11), что L и L' будутъ истинное и видимое мѣсто луны, S и S' истинное и видимое мѣсто свѣтила, Z зенишъ мѣста наблюденія, и пусть будутъ

$D=LS$ истинное разстояніе,

$D'=L'S'$ видимое разстояніе,

$h = 90 - ZL$ ист: высота луны,

$h' = 90 - ZL'$ видим: высота луны,

$H = 90 - ZS$ истин: высота свѣтила,

$H' = 90 - ZS'$ видим: высота свѣтила,

то получимъ

$$\frac{\cos D - \sin h \sin H}{\cos h \cos H} = \frac{\cos D' - \sin h' \sin H'}{\cos h' \cos H'} \dots\dots (a),$$

откуда найдемъ

$$\frac{\cos D + \cos(H+h)}{\cos H \cosh} = \frac{\cos D' + \cos(H'+h')}{\cos H' \cos h'} \dots\dots (b),$$

и наконецъ

$$\cos D = \frac{2 \cos H \cosh \cos S \cos(S-D')}{\cos H' \cos h'} - \cos(H+h),$$

гдѣ

$$S = \frac{D' + H' + h'}{2}.$$

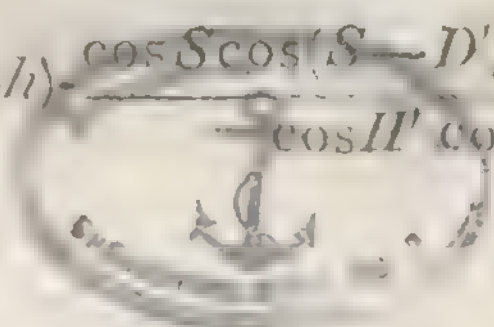
§. 111. Борда далъ слѣдующую формулу:

Изъ уравненія (b) получимъ

$$\frac{\cos^2 \frac{1}{2}(H+h) - \sin^2 \frac{1}{2}D}{\cos H \cosh} = \frac{\cos^2 \frac{1}{2}(H'+h'+D') \cos^2 \frac{1}{2}(H'+h'-D')}{\cos H' \cos h'} ,$$

откуда будетъ

$$\sin^2 \frac{1}{2}D = \cos^2 \frac{1}{2}(H+h) - \frac{\cos S \cos(S-D') \cos H \cosh}{\cos H' \cos h'} ,$$



гдѣ по прежнему

$$S = \frac{1}{2}(D' + H' + h'),$$

или будетъ

$$\sin^2 \frac{1}{2} D = \cos^2 \frac{1}{2} (H + h) \left(1 - \frac{\cos S \cos (S - D') \cos H \cosh h}{\cos H' \cosh h' \cos^2 \frac{1}{2} (H + h)} \right),$$

гдѣ положивъ

$$\sin x = \frac{\left[\cos S \cos (S - D') \frac{\cos H \cos h}{\cos H' \cosh h'} \right]^{\frac{1}{2}}}{\cos \frac{1}{2} (H + h)},$$

найдемъ

$$\sin \frac{1}{2} D = \cos \frac{1}{2} (H + h) \cos x.$$

Формула сія весьма употребительна, а особливо мореходцами, и имѣетъ въ особенності удобна, чѣмъ, не будучи подвержена перемѣнамъ знаковъ, не представляетъ при вычисленіи ни какихъ въ семъ отношеніи затрудненій.

§. 112. Уравненій (α) дасть еще

$$\begin{aligned} \cos H' \cosh h' \cos D &= \cos H \cosh h \cos D' \\ &+ \cos H' \cosh h' \sin H \sinh h - \cos H \cosh h \sin H' \sinh h'. \end{aligned}$$

Послѣдніе два члена можно написать также слѣдующимъ образомъ:

$$\frac{1}{2} (\sin (H + H') + \sin (H - H')), \quad \frac{1}{2} (\sin (h + h') + \sin (h - h')),$$

$$\frac{1}{2}(\sin(H+H') - \sin(H-H')) \cdot \frac{1}{2}(\sin(h+h') - \sin(h-h')),$$

что перемноживъ какъ должно, получимъ

$$\frac{1}{4} \sin(H+H') \sin(h-h') + \frac{1}{4} \sin(h+h') \sin(H-H'),$$

слѣдовательно все уравненіе будетъ

$$\cos H' \cosh' \cos D = \cos H \cosh \cos D'$$

$$+ \frac{1}{4} \sin(H+H') \sin(h-h')$$

$$+ \frac{1}{4} \sin(h+h') \sin(H-H') \dots (c) (*).$$

Формула сія столько же точна и неменѣе удобна, какъ и предыдущія. Вычисленіе по оной формулѣ еще болѣе сокращенна, если составлена будетъ таблица для послѣднихъ двухъ членовъ, кои довольно малы, а особливо послѣдній членъ

$$\frac{1}{4} \sin(h+h') \sin(H-H').$$

§. 113. Для вычисленія истиннаго разстоянія изъ видимаго нужно знать высоты луны и другаго наблюдаемаго свѣтила. Высоты сіи могутъ измѣрять два наблюдателя въ то же время, какъ иррелій беретъ разстояніе. Если же наблюдатель не имѣетъ помощниковъ,

(*) См: Correspondance Astronomique du Baron de Zach Vol X. No 1.

то можетъ предъ наблюденіемъ разстояній послѣ онаго взятьъ высоты луны и другаго свѣтила, и такъ, какъ при каждомъ наблюденіи обыкновенно замѣчается и время онаго, то легко будетъ, по тройному правилу, взятьъ высоты привести ко времени наблюденія разстояній. Наконецъ можно высоты сіи опредѣлить по таблицамъ, зная приближенно долготы мѣсяца наблюденія. Сіе нѣмъ болѣе удобно, что для вычисленія по предъидущимъ формуламъ высоты луны и свѣтила не нужно знанія совершенно точно. Нужно только, чтобъ параллаксы и преломленіе были вычислены съ надлежащею точностію.

§. 114. Чисобы доказать то, что мы сказали въ отношеніи къ точности высотъ луны и другаго свѣтила положимъ, что dh есть небольшая ошибка въ истинной высотѣ луны, коюрая должна быть равна ошибкѣ видимой высоты dh' , если параллаксъ и рефракція вычислены вѣрно; равнымъ образомъ пусть будетъ $dH = dH'$ ошибка въ высотѣ другаго свѣтила, отъ коего берется разстояніе луны, а dD произшедшая отъ сего ошибка въ ис-

истиномъ разстояніи, но дифференцируя уравненіе (с), положивъ D' постояннымъ и принявъ $H=H'$ и $h=h'$ въ членахъ, помноженныхъ на весьма малыя величины dD , dh , dH , найдемъ

$$dD = \left(\frac{\cos D'}{\sin D} - \cot g D \right) (\tan g h dh + \tan g H dH).$$

Такъ какъ $\frac{\cos D'}{\sin D}$ весьма близко подходитъ

въ величинѣ $\cot D$, то предыдущее значеніе показываетъ, что небольшія ошибки въ высотахъ не дѣлаютъ чувствительной разности въ истиномъ разстояніи, и следовательно точность сего разстоянія зависитъ единственно отъ искусства наблюдателя при измѣреніи видимаго разстоянія, и отъ вѣрности вычисленія параллаксовъ и рефракцій.

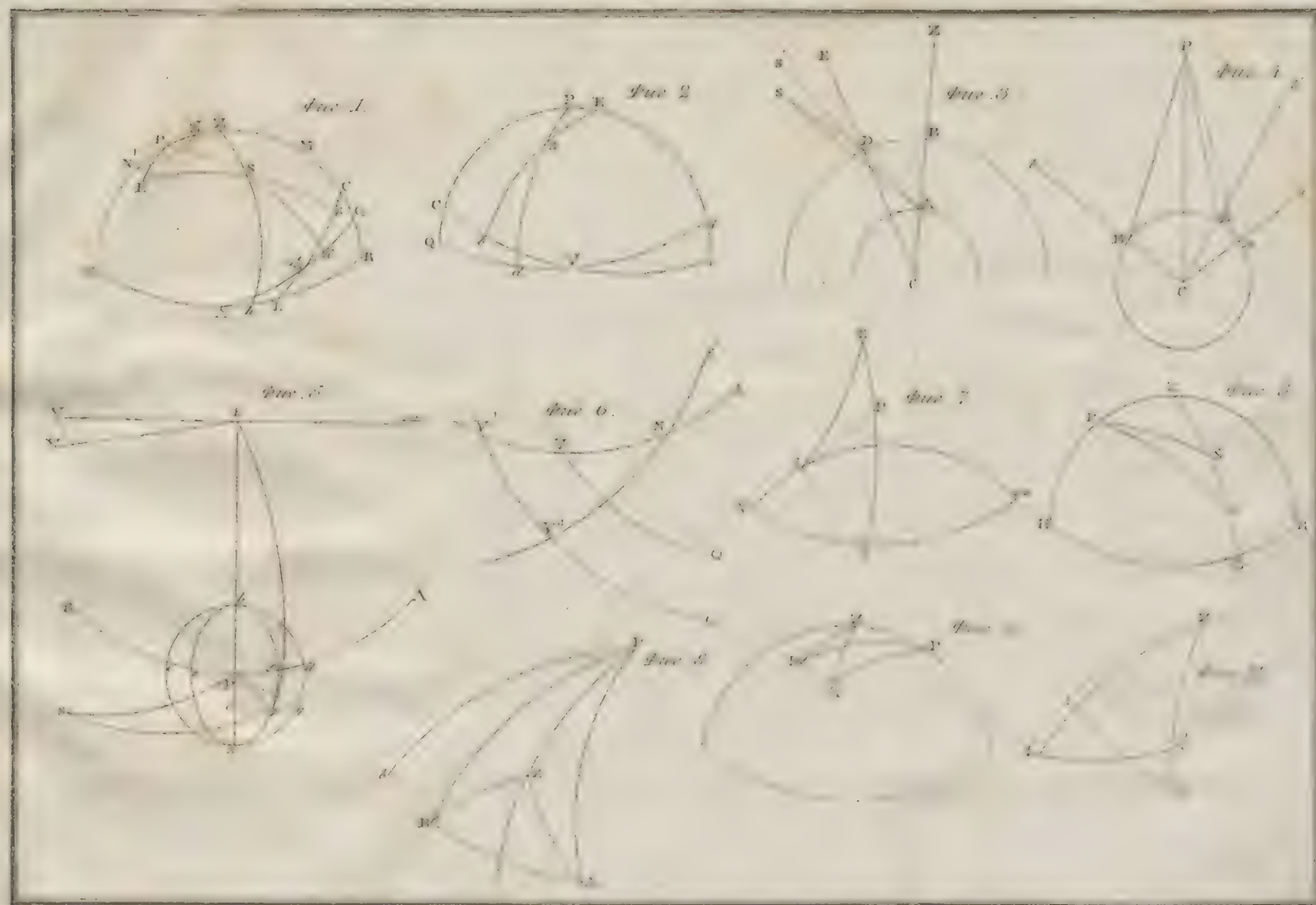
§. 115. Способъ разстояній есть самый удобный въ мореплаваніи, почему многіе Астрономы и мореходцы, чинобъ облегчить вычисленіе истиннаго разстоянія изъ видимаго, нашли приближенныя формулы и сочинили вспомогащельныя таблицы. Самыя употребительныя изъ оныхъ суть таблицы Мендозы

но вычисленіе по нимъ можетъ быть въ нѣ-
которыхъ случаяхъ нѣсколько ошибочно.
По сей причинѣ гораздо лучше употреблять
вышензложенныя формулы, которыя, будучи
точны, изъясны оны всякаго рода погрѣшнос-
тей, и приномъ ни сколько не затруднитель-
ны.

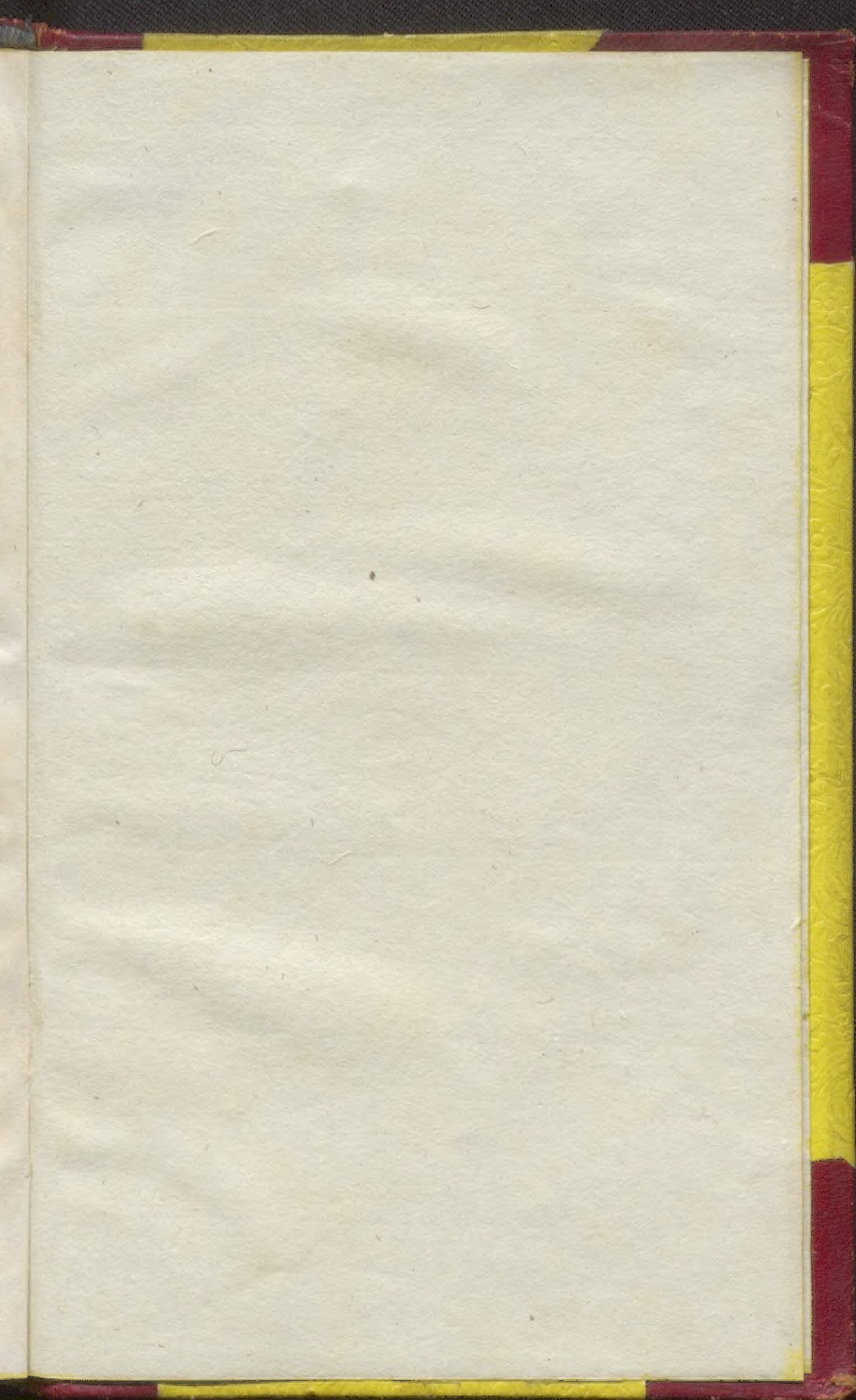
§. 116. Замѣнія солнца и покрытіе звѣздъ
луною подають также весьма удобныя и то-
чныя способы опредѣлять Географическую
долготу мѣсна. Последний изъ сихъ спосо-
бовъ, и. е. опредѣленіе долготы чрезъ наблю-
деніе покрытія звѣздъ, начинаеиася Астроно-
мами самымъ вѣрнѣйшимъ; но какъ явленія
сїи зависятъ оны движенія луны около земли,
то всего естественнѣе отнести предметъ
сей ко второй части Астрономіи, гдѣ будетъ
говорено вообще объ затмѣніяхъ.

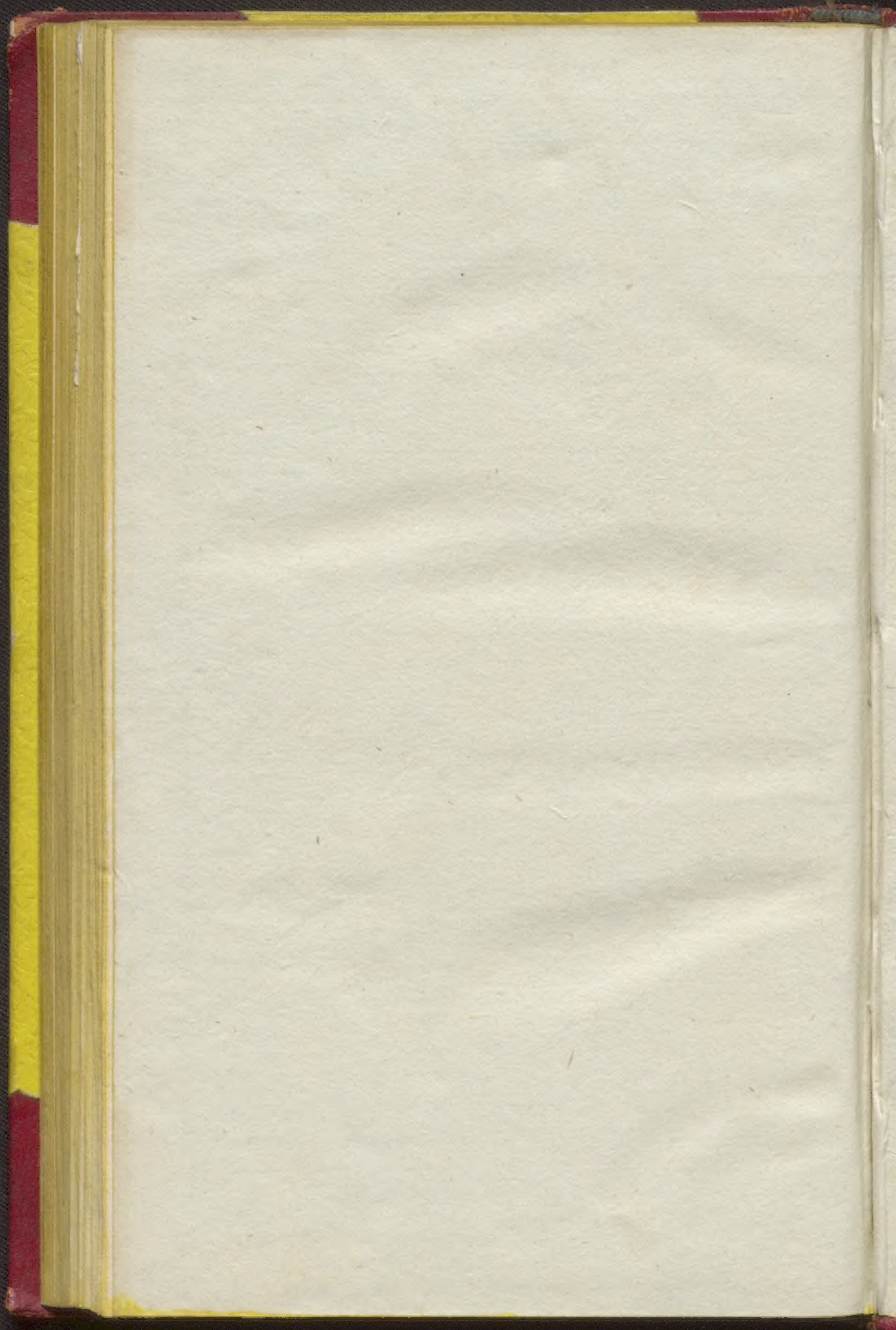
КОНЕЦЪ УРАНОМЕТРИИ.











20

HE	C
2	37-